

**TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI**  
**FAKULTA TEXTILNÁ**

Odbor : Textilné materiálové inžinierstvo

3106 – T

**Téma : PEVNOSTĚ BAVLNENÝCH PŘÍADZÍ**  
**Theme : THE TENSILE STRENGTH OF COTTON YARNS**

Milan Makatura

**Vedúca diplomovej práce : Doc. Dana Křemenáková**

**Konzultantka : Ing. Pavla Vozková**

Počet strán textu : 66

Počet obrázkov : 27

Počet tabuliek : 19

Počet príloh : 5

## **ANOTÁCIA**

**Téma: Pevnosť bavlnených priadzí**

Cieľom tejto diplomovej práce bolo skúmať vplyv zmeny koeficientu zákrutu na pevnosť bavlnených priadzí. V praktickej časti sa zisťovali na trhacom prístroji údaje charakterizujúce mechanicko-fyzikálne vlastnosti priadze, ako sú pevnosť pri pretrhnutí, ťažnosť, energia potrebná na pretrhnutie a Youngov model. Z experimentálnych výsledkov sa vypočítal kritický koeficient zákrutu pre jednotlivé skúmané priadze v závislosti na ich jemnosti. Výsledné hodnoty kritického koeficientu zákrutu boli porovnávané s empiricko-experimentálnymi modelmi koeficientu zákrutu, podľa rôznych autorov. Hľadal sa najoptimálnejší variant. Experimentálne zistená pomerná pevnosť pre jednotlivé koeficienty zákrutu sa porovnávala s modelmi predikujúcimi pevnosť bavlnenej priadze. Ďalej bolo zrealizované vyhotovenie pracovných kriviek bavlnených priadzí s ich následnou vzájomnou komparáciou. V záverečnej časti boli vyhodnotené a porovnané experimentálne a výpočtové hodnoty z hľadiska ich efektívneho využitia pre modelovanie pevnosti bavlnených priadzí.

## **ANNOTATION**

**Theme: The tensile strength of cotton yarns**

This thesis aims to study the influence of changes in the twist multiplier on the tensile strength of cotton yarns. Its practical part records the results of an experiment carried out using a testing machine, yielding data on the mechanical/physical attributes of yarns such as the strength at the point of breaking, tensility, energy necessary for breaking, and Young's modulus. Based on these experimental figures, twist multipliers were calculated for the individual yarns tested, depending on their delicacy. The final twist multiplier values were compared to the empirical/experimental twist multiplier models presented by various authors in order to find out which of the variants studied is the most optimal. The relative tensile strength values recorded in the course of the experiment were compared with various models predicting the tensile strength of cotton yarns. Furthermore, tensile strength graphs were drawn for all the cotton yarns under analysis, which were then compared to one another. The concluding part summarises and evaluates all experimental data and calculated values from the viewpoint of how useful they can be in modelling the tensile strength of cotton yarns.

## **Prehlásenie**

Bol som oboznámený s tým, že na moju diplomovú prácu sa v plnom rozsahu vzťahuje zákon č. 121 / 2000 Zb. o autorskom práve, hlavne § 60 ( školská práca).

Súhlasím s umiestnením diplomovej práce v Univerzitetnej knižnici TUL.

Beriem na vedomie, že TUL má právo na uzavretie licenčnej zmluvy o využití mojej diplomovej práce.

Ak použijem diplomovú prácu, alebo poskytnem licenciu na jej použitie, som si vedomý povinnosti informovať o tejto skutočnosti TUL. V tomto prípade má TUL právo odo mňa požadovať úhradu nákladov, ktoré vynaložila na vytvorenie práce.

Diplomovú prácu som vypracoval samostatne s použitím uvedenej literatúry a na základe konzultácií s vedúcou diplomovej práce a konzultantkou.

V Liberci, dňa 6.1.2006

.....

Milan Makatura

## **Pod'akovanie**

Za odborné usmernenie a metodickú pomoc pri práci týmto ďakujem vedúcej diplomovej práce Doc. Dane Křemenákovéj, konzultantke Ing. Pavle Vozkovéj a pracovníkom katedry KTT.

V Liberci, dňa 6.1. 2006

.....

# OBSAH

<b>ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV .....</b>	<b>8</b>
<b>ÚVOD.....</b>	<b>11</b>
<b>1. REŠERŠE .....</b>	<b>12</b>
1.1 Teoretické poznatky o bavlně a bavlněné příadzi.....	12
1.1.1 BAVLNA.....	12
1.1.2 TVORBA PRIADZE .....	12
1.1.3 SPRIADANIE BAVLNY .....	13
1.2 Podstatné vlastnosti priadze.....	15
1.2.1 JEMNOSŤ .....	15
1.2.2 ZISŤOVANIE SKUTOČNEJ JEMNOSTI ROZKRÚTENEJ A DOKRÚTENEJ PRIADZE.....	15
1.2.3 PEVNOSŤ A ŤAŽNOSŤ .....	16
1.2.4 PRIEMERNÁ ŤAHOVÁ KRIVKA .....	17
1.2.5 ZÁKRUT .....	18
1.2.6 ROZKRUCOVANIE A DOKRUCOVANIE PRIADZE .....	21
1.2.7 KRITICKÝ KOEFICIENT ZÁKRUTU .....	23
1.2.8 CHLPATOSŤ PRIADZE .....	24
1.3 Modely výpočtov pevností jednodokomponentných bavlnených priadzí .....	25
1.3.1 PREHĽAD POUŽITÝCH VÝPOČTOV PRI PREDIKCII PEVNOSTI .....	25
1.3.2 VÝPOČET PEVNOSTI PRIADZE PODĽA A. N. SOLOVJEVA.....	25
1.3.3 VÝPOČET PEVNOSTI PRIADZE PODĽA NECKÁŘA .....	27
1.3.4 VÝPOČET PEVNOSTI PRIADZE PODĽA N. PANA (WEIBULLOVHO ROZDELENIA).....	29
1.3.5 VÝPOČET PEVNOSTI PODĽA KORIGOVANÉHO VZŤAHU .....	31
1.3.6 VÝPOČET VYUŽITIA PEVNOSTI ZVÄZKU VLÁKIEN V PRIADZI... 31	
<b>2. EXPERIMENTÁLNA ČASŤ.....</b>	<b>33</b>
2.1 Popis experimentu.....	33
2.1.1 NEPRIAMA METÓDA S NAPÍNAČOM .....	34
2.1.2 EXPERIMENTÁLNE ZISŤOVANIE PEVNOSTI A ŤAŽNOSTI ROZKRÚTENEJ A ZAKRÚTENEJ PRIADZE.....	34
2.1.3 POPIS SPRACOVANIA EXPERIMENTÁLNYCH HODNÔT .....	39
2.2 Pevnosť pri pretrhnutí .....	40
2.2.1 SÚHRN VÝSLEDNÝCH EXPERIMENTÁLNYCH HODNÔT .....	40
2.2.2 ROZBOR EXPERIMENTÁLNYCH VÝSLEDKOV .....	43
2.3 Ťažnosť .....	43
2.3.1 SÚHRN VÝSLEDNÝCH EXPERIMENTÁLNYCH HODNÔT .....	43
2.3.2 ANALÝZA EXPERIMENTÁLNYCH VÝSLEDKOV .....	46
2.4 Energia potrebná na pretrhnutie.....	46
2.4.1 SÚHRN VÝSLEDNÝCH EXPERIMENTÁLNYCH HODNÔT .....	46
2.4.2 ANALÝZA EXPERIMENTÁLNYCH VÝSLEDKOV .....	48
2.5 Youngov modul .....	49
2.5.1 SÚHRN VÝSLEDNÝCH EXPERIMENTÁLNYCH HODNÔT .....	49
2.5.2 ANALÝZA EXPERIMENTÁLNYCH VÝSLEDKOV .....	51
2.6 Stanovenie kritických koeficientov zákrutov z experimentálne zistených údajov 51	
2.6.1 KOMPARÁCIA EXPERIMENTÁLNE STANOVENÝCH KRITICKÝCH KOEFICIENTOV ZÁKRUTU S VÝRAZMI PODĽA RÔZNÝCH AUTOROV 52	

2.6.2 DISKÚSIA K VÝSLEDNÝM KRITICKÝM KOEFICIENTOM ZÁKRUTU .....	55
2.7 Výpočet modelov pevnosti jednokomponentných bavlnených priadzí .....	55
2.7.1 POROVNANIE VYPOČÍTANÝCH MODELOV PEVNOSTI S EXPERIMENTÁLNE ZISTENÝMI HODNOTAMI .....	55
2.8.2 DISKÚSIA K VÝSLEDNÝM HODNOTÁM POMERNÝCH PEVNOSTÍ .....	57
2.8 Využitie pevnosti zväzku vlákien v priadzi .....	58
2.8.1 POROVNANIE VYUŽITIA PEVNOSTI ZVÄZKU VLÁKIEN V PRIADZI .....	58
2.8.2 DISKÚSIA K DOSIAHNUTÝM VÝSLEDKOM VYUŽITIA PEVNOSTI ZVÄZKU VLÁKIEN V PRIADZI .....	60
2.9 Priemerné ťahové krivky .....	61
2.9.1 ZHOTOVENIE PRIEMERNÝCH ŤAHOVÝCH KRIVIEK .....	61
2.9.2 DISKÚSIA K VÝSLEDKOM PRIEMERNÝCH ŤAHOVÝCH KRIVIEK .....	63
<b>3. ZÁVER</b> .....	<b>64</b>
<b>ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY</b> .....	<b>65</b>
<b>ZOZNAM PRÍLOH</b> .....	<b>66</b>

## ZOZNAM POUŽITÝCH SYMBOLOV

$a$	Phrixov koeficient zákrutu [ $\text{m}^{-1}\text{ktex}^{2/3}$ ]
$A_P$	deformačná práca do pretrhnutia [J]
$C$	konštanta pre bavlnu – Solovjevov vzťah [-]
$d$	priemer vlákna [mm]
$D$	priemer priadze [mm]
$E$	modul pružnosti vlákna [MPa]
$E_p$	Youngov modul priadze [N/mm]
$f$	súčiniteľ trenia vlákna [-]
$f_n$	súčiniteľ vplyvu počtu vlákien [-]
$f_l$	súčiniteľ vplyvu dĺžky vlákien [-]
$f_a$	súčiniteľ vplyvu zákrutu priadze [-]
$F_v$	pomerná pevnosť vlákna [N/tex]
$F(\delta)$	distribučná funkcia Weibullovoho rozdelenia [-]
$H$	charakteristika technologického procesu [-]
$H(\delta_b)$	distribučná funkcia normálneho rozdelenia [-]
$k_s$	konštanta migrácie [-]
$k_p$	konštanta na výpočet tlaku [MPa]
$K$	konštanta pre bavlnu [-]
$l$	stredná dĺžka vlákna [mm]
$l_1$	dĺžka priadze pred rozkrucovaním, resp. dokrucovaním v [mm]
$l_2$	dĺžka priadze po rozkrútení, resp. dokrútení v [mm]
$l_\Delta$	dĺžka vzorky priadze v okamžiku pretrhnutia [mm]
$l_z$	dĺžka vzorky medzi upínacími čeľustami v okamžiku upnutia [mm]
$l_m$	modálna dĺžka vlákna [mm]
$l_y$	dĺžka vlákien v čeľustiach [mm]
$\Delta l_2$	rozdiel medzi pôvodnou dĺžkou priadze $l_1$ a dĺžkou $l_2$ v [mm]
$m$	hmotnosť priadze [g]
$M$	parameter vplyvu suroviny a vplyvu technológie výroby priadze [m]
$n$	počet vlákien
$O_1$	počet pridaných ovinov do vláknového útvaru dĺžky $l_o$ [-]

$O_2$	počet pridaných, resp. ubraných ovinov [-]
$O_v$	výsledný počet ovinov po rozkrútení, resp. dokrútení priadze [-]
$P$	priemerná hodnota pevnosti pri pretrhnutí priadze [N]
$q$	uhol stúpania zakrúteného zväzku vlákien v skrutkovici [rad]
$R$	pomerná pevnosť priadze [N/tex]
$s_{\overline{\delta}_y}$	smerodatná odchýlka pevnosti priadze [-]
$t$	jemnosť vlákna [tex]
$T$	jemnosť priadze [tex]
$T_l$	jemnosť pôvodnej priadze [tex]
$T_2$	jemnosť rozkrútenej, resp. dokrútenej priadze [tex]
$T_y$	Köchlinov koeficient zákrutu [tex.cm <sup>-1</sup> ]
$V_f$	zaplnenie priadze [kg.m <sup>-3</sup> ]
$v_p$	variačný koeficient pevnosti vlákna [%]
$Z$	zákrut priadze [m <sup>-1</sup> ]
$Z_l$	pôvodný počet zákrutov [m <sup>-1</sup> ]
$Z_2$	počet pridaných, resp. ubraných zákrutov [m <sup>-1</sup> ]
$Z_v$	výsledný počet zákrutov [m <sup>-1</sup> ]
$\alpha$	Köchlinov koeficient zákrutu [m <sup>-1</sup> ktex <sup>1/2</sup> ]
$\alpha_K$	Köchlinov kritický koeficient zákrutu [m <sup>-1</sup> ktex <sup>1/2</sup> ]
$\alpha_y$	parameter Weibullovoho rozdelenia [-]
$\beta_D$	uhol stúpania skrutkovice povrchových vlákien v priadzi [rad]
$\beta_y$	parameter Weibullovoho rozdelenia [-]
$\beta_D^*$	korigovaný uhol stúpania skrutkovice povrch. vlákien v priadzi [rad]
$\chi$	intenzita zákrutu [-]
$\chi_p$	súčiniteľ vplyvu preklázaní vlákien [-]
$\varepsilon_h$	pomerné predĺženie pri pretrhnutí priadze [mm]
$\varepsilon_p$	ťažnosť priadze [%]
$\varepsilon_v$	ťažnosť vlákna [%]
$\Gamma()$	gamma funkcia
$\delta_l$	zoskanie vytvorené pri výrobnom procese vkladáním ovinov $O_l$ [-]
$\delta_2$	zoskanie priadze [-]



$\bar{\delta}_b$	priemerná pevnosť paralelných zväzkov vlákien [N.tex <sup>-1</sup> ]
$\bar{\delta}_y$	priemerná pevnosť priadze [N.tex <sup>-1</sup> ]
$\phi$	súčiniteľ vplyvu sklonu vlákien [-]
$\phi_{sp}$	využitie pevnosti zväzku vlákien v priadzi [-]
$\phi_{vp}$	využitie pevnosti vlákien v priadzi [-]
$\phi_{vs}$	využitie pevnosti vlákien vo zväzku [-]
$\eta_s$	účinnosť strojového parku Solovjevov vzťah [-]
$\eta$	Poissonov pomer priadze [-]
$\eta_q$	parameter orientácie vlákien [-]
$\eta^*$	korigovaný Poissonov pomer priadze [-]
$\eta_\beta^*$	korigovaný faktor orientácie [-]
$\mu$	zaplnenie priadze [-]
$\mu_m$	medzné zaplnenie priadze [-]
$\rho$	objemová hmotnosť (hustota) [kgm <sup>-3</sup> ]
$\sigma_{HVI}$	pomerná pevnosť zväzku vlákien meraná na lab. linke HVI [N/tex]
$\sigma_v$	pomerná pevnosť vlákien [N/tex]
$\sigma_p$	pomerná pevnosť priadze [N/tex]
$\sigma_s$	pomerná pevnosť zväzku vlákien [N/tex]
$\bar{\xi}$	mechanicky vyrovnateľné navlnenie [-]
$\xi_0$	max.mechanicky vyrovnateľné navlnenie [-]
$\psi$	súčiniteľ vplyvu navlnenia vlákien [-]
$\omega$	súčiniteľ vplyvu vláknovej migrácie [-]

## ÚVOD

V súčasnom období sú kladené zvýšené požiadavky na kvalitu textilných výrobkov. Je potrebné neustále analyzovať a prehodnocovať celý proces výroby textílií. Dôležitým segmentom v tomto procese je výroba priadzí.

Z hľadiska spotrebiteľa sú významné najmä mechanicko – fyzikálne a úžitkové vlastnosti. Pri mechanicko-fyzikálnych vlastnostiach nezastupiteľné miesto patrí pevnosti priadze. V úžitkových vlastnostiach z hľadiska východzej suroviny má doposiaľ nenahraditeľné miesto bavlnená priadza.

Samotné vlákno bavlny sa prezentuje výbornými genetickými vlastnosťami, ktoré sa prenášajú do finálneho výrobku ako trvanlivosť, vzhľad, pocit pri nosení a spôsob údržby. Ďalšie zdokonalenie pôvodných vlastností bavlny je hlavnou úlohou technologických procesov jej spracovania. Odstraňovanie nedostatkov v technologickom spracovaní je otvorenou oblasťou neustáleho experimentálneho skúmania.

Malým posunom k tomuto cieľu je aj skúmanie pevnosti bavlnenej priadze. Vzťahy medzi pevnosťou, jemnosťou, zákrutom a ťažnosťou priadze sa podieľajú podstatnou časťou na štruktúre priadze a z nej vyplývajúcich následných vlastností. Cieľom tejto práce bude pozorovať ako vplýva zmena koeficientu zákrutu na pomernú pevnosť bavlnených priadzí. Získané experimentálne výsledky sa budú porovnávať s modelmi predikujúcimi pevnosť jednokomponentnej bavlnenej priadze. Táto komparácia nám vytvára priestor pre vylepšovanie modelovania pevnosti bavlnených priadzí. Ďalej sa bude vyhodnocovať využitie pevnosti zväzku vlákien v priadzi experimentu s hodnotami využitia pevnosti zväzku vlákien v priadzi podľa rôznych autorov. Súčasťou tejto práce bude stanovenie hodnôt kritických koeficientov zákrutu pre skúmané priadze a vyhotovenie pracovných kriviek. Všetky uvedené aktivity smerujú k nosnému cieľu, k projektovaniu textilných štruktúr. Tieto laboratórne experimenty patria k dôležitým základom výskumu, ktorých efektivita sa v praxi neustále verifikuje.

## 1. REŠERŠE

### 1.1 Teoretické poznatky o bavlně a bavlnenej priadzi

#### 1.1.1 BAVLNA

Bavlna je doposiaľ najrozšírenejšou textilnou surovinou. Charakterizuje ju stužkovitý tvar rozvíjajúci sa v pozdĺžnom smere osi vlákna, dobrá spriadateľnosť a zmiešateľnosť s inými vláknami. Hlavným stavebným prvkom tvoriacim cca 90 % bavlneného vlákna je celulóza. V menšej miere obsahuje bavlnené vlákno pektíny, bielkoviny, vosky, organické kyseliny, minerálne soli, cukry. Jej farba je biela, krémová, až hnedá. Medzi mechanické vlastnosti bavlny patrí pevnosť, ktorá za sucha dosahuje 2-5 cN /dtex a za mokra 100-120 % pevnosti za sucha. Ťažnosť vlákna je za sucha 6-10 % a za mokra sa zvyšuje na 100-110 % ťažnosti za sucha. Mechanické vlastnosti ovplyvňuje najmä zmena vlhkosti [4].

#### 1.1.2 TVORBA PRIADZE

Priadza je dôležitým poloproduktom textilnej výroby pre výrobu plošných textílií. Ako dĺžková textília je konečným produktom pradiarne, získaným zo spriadateľných vlákien, zakrútením, alebo spájaním. Pri získavaní priadze ide o spevňovanie, t.j. dosiahnutie medzivláknovej súdržnosti zákrutom. Štruktúra priadze je výsledným produktom tvorby priadze. Je to konečný stav, ktorý sa ustáli po pretvorení neusporiadanej vláknovej vrstvy do jedného celku.

Realizácia rôznych technologických postupov, pri ktorých vznikajú požadované zmeny vláknového materiálu sa nazýva spriadací proces [8].

Ten si vyžaduje tieto základné pracovné operácie:

- rozvoľňovanie a čistenie
- rozvlákňovanie
- vylučovanie krátkych vlákien
- zabezpečovanie rovnomernosti vláknových produktov
- stenčovanie vláknových produktov
- zhusťovanie a spevňovanie produktov
- tvorenie jednotiek navíjania

Pri spracovaní niektorých vláknových surovín sa nemusia vykonávať všetky operácie. Závisí to od stavu, v akom prichádzajú textilné suroviny do pradiarne, od druhu pradenej priadze a jej ďalšieho určenia. Pod systémom spriadania rozumieme súhrn základných procesov, ktorými postupne prechádza vláknový materiál.

Systémy spriadania sa prispôbujú najmä dĺžke a druhu vláknovej suroviny. Podľa technológie výroby sú známe priadze: prstencová konvenčná, prstencová kompaktná, nový princíp prstencového dopriadania u systému Novaspin a rotorová. V bavlnárskych pradiarňach sa spriada bavlna, zmesi bavlny a chemických vlákien a chemické vlákna bavlnárskeho typu.

### 1.1.3 SPRIADANIE BAVLNY

Vláknový materiál bavlny prichádza do pradiarní zlisovaný v balíkoch. Prípravné práce odstraňujú z vlákien nečistoty, rozdeľujú chumáče, rozvlákňujú vložky na vlákna. Pre výrobu kvalitnej priadze je dôležité dokonalé miešanie. Bavlna ako prírodné vlákno sa vyznačuje rozdielnymi vlastnosťami v dĺžke, jemnosti a zrelosti vlákien. Tieto rozdiely si vyžadujú aj predbežné triedenie ešte pred miešaním. Proces ojednocovania – rozvlákňovania tvorí základnú funkciu mykania. Pre mykanie bavlny je výhodný viečkový mykací stroj. Predkladať môžeme vo forme závitku alebo vložky. Mykaný prameň bavlny z viečkového mykacieho stroja obsahuje krátke vlákna, nopky aj drobné nečistoty. Taktiež aj paralelné usporiadanie vlákien nie je na požadovanej úrovni z hľadiska ďalšieho spracovania.

Česaním oddelíme krátke vlákna, ďalej dochádza k ďalšiemu čisteniu, zlepšeniu narovnania a paralelného usporiadania vlákien. Dlhé vlákna tvoria česanec a krátke vlákna výčesky, ktoré sa používajú ako zmesový materiál pri výrobe priadzí s nižšími jemnosťami. Účelom predpriadania je získaný prameň zjemniť pomocou preťahovacieho ústrojenstva [10]. Ďalej nasleduje spevňovanie pomocou krídlového vretena, kde vzniká v predpriadzi trvalý zákrut. Dopriadanie je posledným stupňom technologického postupu, pri ktorom sa predpriadza alebo prameň mení na priadzu s požadovanou jemnosťou. Na dopriadacích strojoch sa súčasne uskutočňuje preťahovanie, zakrucovanie a navíjanie. Proces preťahovania v tejto etape spriadania stenčuje vláknový produkt postupne až na výslednú jemnosť priadze. Preto je nutné v priebehu tohto procesu vláknový produkt spevňovať. V zásade sa rozlišujú dva druhy zákrutov, trvalý a nepravý. Trvalým zákrutom, ktorý sa používa pri bavlně označujeme

zakrucovanie vlákien v smere skrutkovice okolo osi vláknového produktu. Nepravým zákrutom sa označuje zakrucovanie v oboch smeroch. Tieto zákruty opačného smeru sa rušia. Tak nevzniká zakrucovanie, ale len spevnenie vláknového produktu priblížením a zhustením vlákien, čím sa lepšie uplatní medzivláknová súdržnosť.

Ku klasickým dopriadacím systémom patrí prstencový dopriadací stroj. Jeho úlohou je zjemniť predpriadzu pretáhovaním, spevniť pretiahnutý vláknový produkt zakrucovaním a vytvoriť konečné náviny priadze na kužel potáča [19]. Po upradení priadze sa prevádzajú rôzne dokončovacie práce, aby sa priadza zošľachtila, prípadne dostala vhodný tvar na ďalšie spracovanie. Podľa spôsobu výroby sú priadze mykané a česané.

Podľa jemnosti sú zrebné jednoduché bavlnárske priadze tieto:

- ❖ hrubé priadze (100 – 42 tex),
- ❖ priadze so strednými jemnosťami (40 – 20 tex),
- ❖ priadze s vyššími jemnosťami (18 – 12 tex),
- ❖ jemné priadze (11 – 4,2 tex).

Podľa pradiiva, z ktorého bola priadza upradená, označeného značkou surovinovej skupiny, rozoznávame viac druhov priadzí tab.1 [8].

Tab.1 Označenie surovinových skupín bavlny

Surovinová skupina	Materiál
A I	priadza z ba uplandského semena
M III	priadze s ba egyptského semena stredné dĺžky vlákna
M II	priadze s ba egyptského semena s dlhým vláknom zmes ba s chemickými vláknami chemické vlákna

## 1.2 Podstatné vlastnosti priadze

Výsledné chovanie priadze v sebe zahŕňa deje, ktoré prebiehajú vo vnútri jednotlivých vlákien aj medzi nimi. Vlastnosť priadze je teda vonkajším prejavom celej vláknovej sústavy [5].

Priadzu môžeme charakterizovať súborom týchto vlastností:

- jemnosť
- pevnosť a ťažnosť
- zákrut
- chlpatosť
- vzhľad
- hmotná nerovnomernosť.

### 1.2.1 JEMNOSŤ

Vyjadruje vzťah medzi hmotnosťou priadze  $m$  a dĺžkou priadze  $l$ . Pre vyjadrenie jemnosti používame sústavy tex. Jednotkou dĺžkovej hmotnosti je 1 tex, ktorého fyzikálny rozmer je :

$$1[\text{tex}] = \frac{1[\text{g}]}{1[\text{km}]}$$

Jemnosť  $T$  je v jednotkách [tex] sa určí vzťahom:

$$T = \frac{m}{l} \cdot 1000 \quad (1)$$

### 1.2.2 ZISŤOVANIE SKUTOČNEJ JEMNOSTI ROZKRÚTENEJ A DOKRÚTENEJ PRIADZE

Pri rozkrútení a dokrútení priadze sa mení pôvodná jemnosť  $T_1$  [tex] na jemnosť  $T_2$  [tex]. Tento výpočet sa realizuje pomocou vzťahu (2) podľa J.Marka.

$$T_2 = \frac{l_1}{l_2} \cdot T_1 \quad (2)$$

$T_1$ .....jemnosť pôvodnej priadze [tex]

$T_2$ .....jemnosť rozkrútenej, resp, dokrútenej priadze [tex]

$l_1$ .....pôvodná dĺžka priadze v [mm]

$l_2$ .....dĺžka priadze po rozkrútení, resp. dokrútení v [mm].

### 1.2.3 PEVNOSŤ A ŤAŽNOSŤ

Pevnosť priadze patrí k najdôležitejším vlastnostiam. Pevnosť priadze je určená pevnosťou samotného vláknového materiálu a tiež štrukturálnymi faktormi, ako je zákrut, stupeň narovnania vlákien, migrácia vlákien a ďalšími vplyvmi. Kvalitatívne sa táto vlastnosť vyjadruje ako absolútna pevnosť v ťahu v jednotkách sily [N]. V praxi sa bežne používa pomerná pevnosť  $R$  [N/tex]. Pomerná pevnosť vlákien a priadze slúži na posúdenie stupňa využitia vlákien v priadzi [5].

$$R = \frac{P}{T} \quad (3)$$

Pevnosť priadze zachytáva okamžik porušenia, ku ktorému prichádza v najslabšom a najmenej pevnom mieste zaťažovanej priadze. V dlhom úseku priadze je predpoklad, že sa vyskytne aspoň jedno slabé miesto, ktoré bude mať predispozíciu k nižšej pevnosti [1]. Protikladom bude krátky úsek priadze, na ktorom sa nemusí vyskytnúť ani jedno slabé miesto, z čoho vyplýva, že jeho pevnosť bude väčšia.

Ťažnosťou [%] sa vyjadruje pomerné predĺženie pri pretrhnutí podľa vzťahu :

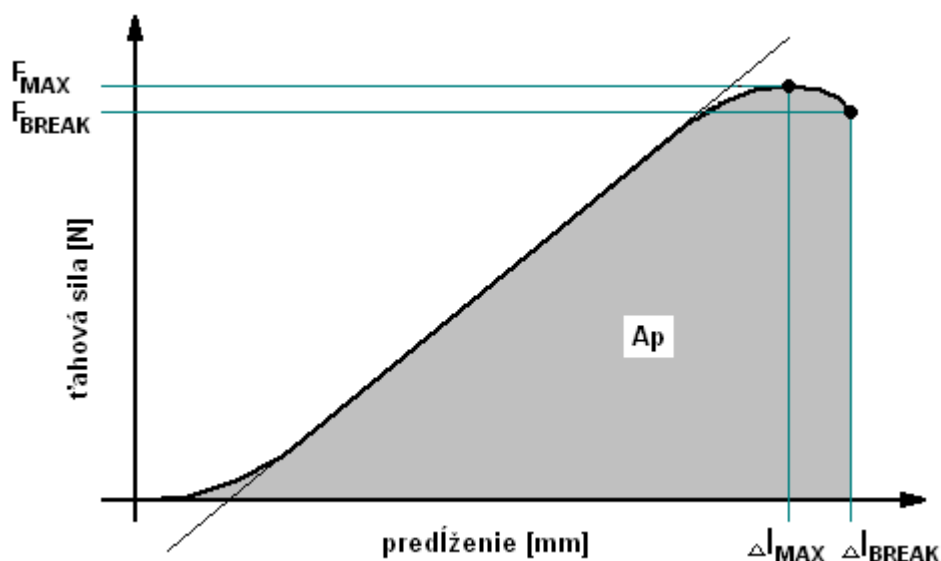
$$\varepsilon_p = \frac{l_\Delta - l_z}{l_z} \cdot 100 \quad (4)$$

$\varepsilon_p$  .....ťažnosť priadze [%]

$l_\Delta$  .....dĺžka vzorky priadze v okamžiku pretrhnutia [mm]

$l_z$  .....dĺžka vzorky medzi upínacími čeľustami v okamžiku upnutia [mm].

Najčastejšie namáhanie priadze býva vonkajšími ťahovými silami, ktoré pôsobia v smere jej osi. Ťahové sily spôsobujú deformáciu priadze, ktorá sa prejavuje najmä jej predĺžením. Vlákná sa deformujú zaťažovaním, menia svoju vzájomnú polohu a takéto namáhanie spôsobuje zmenu štruktúry priadze [1].



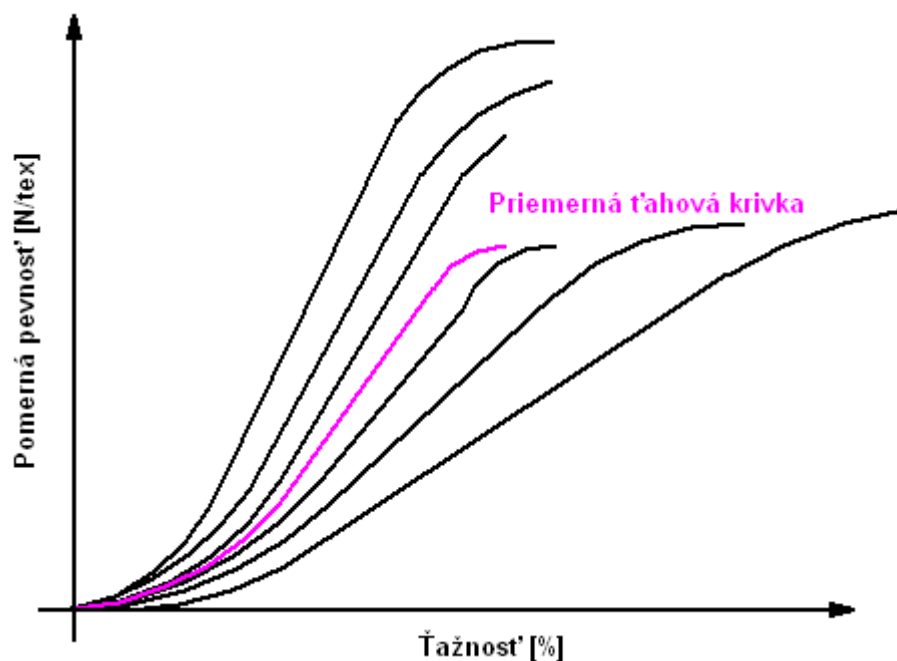
Obr. 1 Schéma ťahovej krivky

Skúšky ťažnosti prebiehajú súčasne so skúškami pevnosti. Toto umožní sledovať aj deformačnú prácu do pretrhnutia  $A_p$  [J]. Jej veľkosť zodpovedá ploche medzi ťahovou krivkou a osou predĺženia [5]. Grafické znázornenie závislosti medzi ťahovou silou potrebnou na pretrhnutie priadze a predĺžením priadze sa nazýva ťahová krivka a je na obr.1.

#### 1.2.4 PRIEMERNÁ ŤAHOVÁ KRIVKA

Konštrukcia priemerných ťahových kriviek sa realizuje zo sústavy ťahových kriviek jednotlivých priadzí. K deštrukcii priadzí dochádza pri rôznych hodnotách ťažnosti a pomernej pevnosti. Minimálne hodnoty týchto veličín sa stávajú limitujúcimi pre priemernú ťahovú krivku. Zo sústavy jednotlivých ťahových kriviek sa vytvoril súbor priemerných bodov. Preložením krivky cez tieto priemerné body vzniká priemerná ťahová krivka. Na obr.2 je znázornená schéma priemernej ťahovej krivky.

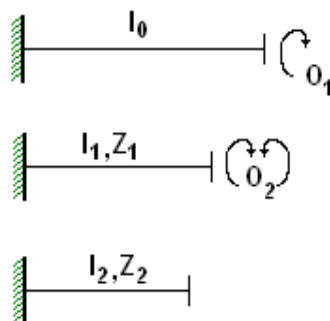




Obr. 2 Schéma priemernej ťahovej krivky

### 1.2.5 ZÁKRUT

Zákrut je do vláknového útvaru dĺžky  $l_0$  vkladajú zakrucovacím elementom (vretenom, rotorom), tým je vláknový útvar spevňovaný a vzniká priadza. Zakrucovaním zväzku vláknového materiálu označujeme natočenie jeho priečných prierezov okolo pozdĺžnej osi produktu, pričom smer natočenia skrutkovice je po celej dĺžke produktu rovnaký. Zákrutom potom označujeme vzájomné ovinutie vlákien v priadzi pri pradení alebo zosúkaní, aby sa takto získala zväčšeným trením medzi jednotlivými vláknami väčšia pevnosť priadze.



Obr. 3 Schéma vkladania ovinov

Z hľadiska tvorby priadze je zákrut daný počtom otačiek  $O_1$  vložených do jednotkovej dĺžky. Zobrazené je to v schéme na obr.3. V metrickej sústave sa používa

počet zákrutov na jeden meter. So zákrutom  $Z [\text{m}^{-1}]$  a jemnosťou  $T [\text{tex}]$  súvisí veličina Kőchlinovho koeficientu zákrutu  $\alpha [\text{m}^{-1}\text{ktx}^{1/2}]$ , ktorú určuje výraz (5).

$$\alpha = Z\sqrt{T} \quad (5)$$

Ďalej je známy Phrixov koeficient zákrutu  $a [\text{m}^{-1}\text{ktx}^{2/3}]$  pre ktorý platí vzťah (6):

$$a = ZT^{2/3} \quad (6)$$

Na znázornenie usporiadania vlákien v priadzi sa používa skrutkovicový model obr. 4, ktorý idealizovane popisuje štruktúru priadze. Zavádza sa pojem uhla stúpania povrchového vlákna v priadzi  $\beta_D$ , ktorý sa vypočíta podľa vzorca (7)

$$\text{tg } \beta_D = \chi = \pi DZ \quad (7)$$

$\chi$ .....intenzita zákrutu [-]

$D$ .....priemer priadze [mm]

$Z$ .....zákrut priadze [ $\text{m}^{-1}$ ]

$d$ .....priemer vlákna [mm]

Priemer priadze  $D$  sa získa nasledovným výpočtom :

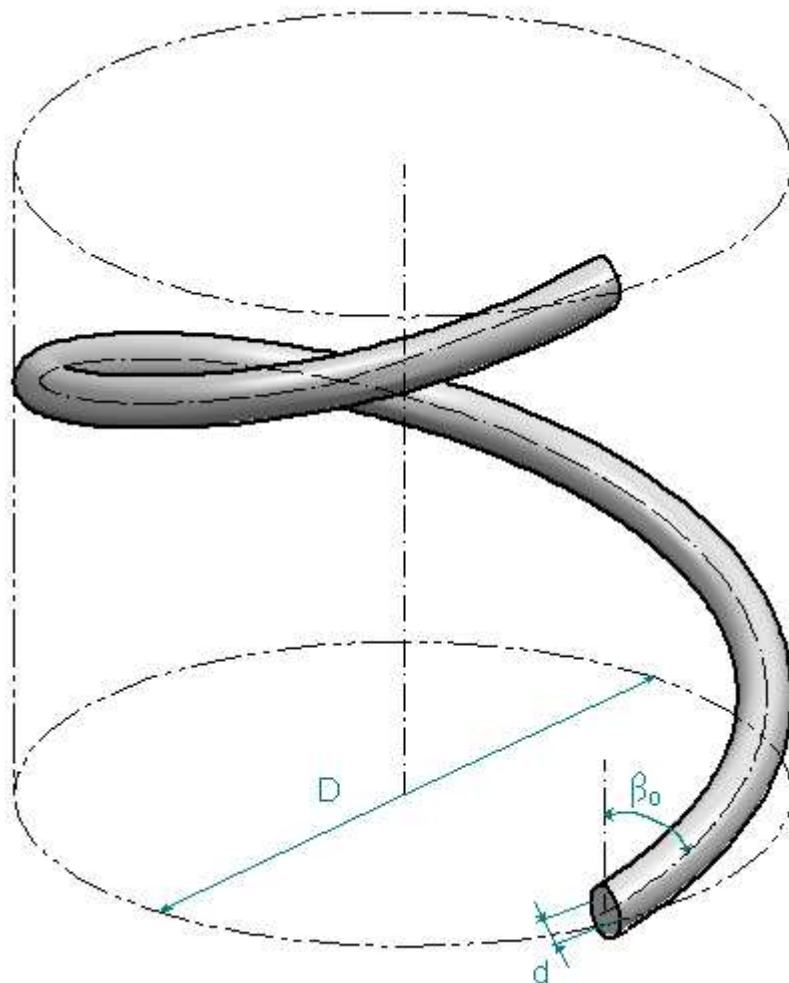
$$D = \sqrt{\frac{4T}{\pi\mu\rho}} \quad (8)$$

$\rho$ .....objemová hmotnosť (hustota) [ $\text{kgm}^{-3}$ ]

$\mu$ .....zaplnenie [-] je ďalšou veličinou charakterizujúcou priadzu. Je podielom vláknovej hmoty v priereze a celkovej hmoty priadze [20]. Jeho rozpätie sa nachádza v intervale  $\mu = (0;1)$ . Empiricky stanovené medzné zaplnenie štaplovej priadze je  $\mu_m = 0,8$  [-]. Zaplnenie sa v priereze mení, najvyššie hodnoty dosahuje v jadre priadze. Pre zaplnenie platí vzťah (9), podľa literatúry [13]:

$$\frac{\left(\frac{\mu}{\mu_m}\right)^{5/2}}{\left[1 - \left(\frac{\mu}{\mu_m}\right)^3\right]^3} = \frac{M\sqrt{\pi}}{2000\mu_m^{5/2}\sqrt{\rho}}(ZT^{1/4})^2 \quad (9)$$

M.....parameter vplyvu suroviny a vplyvu technológie výroby priadze [m]. Hodnota parametra M pre priadzu prstencovú česanú, surovinovej skupiny M II je 0,0064 a prstencovú mykanú, surovinovej skupiny AI je 0,0042.



Obr. 4 Schéma skrutkovicového modelu priadze

Medzi jemnosťou, zákrutom a priemerom priadze existuje vzájomné previazanie, ktoré bolo veľakrát experimentálne dokázané (Köchlinová hypotéza, Phrixova korekcia a komprimačná hypotéza (9)) [1].

### 1.2.6 ROZKRUCOVANIE A DOKRUCOVANIE PRIADZE

K základnému zákrutu  $Z_I$  sa krútiacim orgánom zákrutomeru (vretenom, rotorom) môžu pridávať alebo uberať priadzi oviny  $O_2$  [-], schéma na obr. 3. Prepočet pridanych a ubraných ovinov vplývajúcich na výsledný zákrut  $Z_V$  priadze podľa J. Marka je nasledovný:

$$\delta_2 = \frac{l_1 - l_2}{l_1} = \frac{\Delta l_2}{l_1} \quad (10)$$

$\delta_2$ .....zoskanie priadze spôsobené pridaním, resp. ubráním ovinov  $O_2$  priadzi [-]

$\Delta l_2$ .....rozdiel medzi pôvodnou dĺžkou priadze  $l_1$  a dĺžkou po rozkrútení, resp. dokrútení priadze  $l_2$  v [mm]. Údaj sa získa na čítacom zariadení zákrutomeru.

$l_1$ .....pôvodná dĺžka priadze v [mm].

Pre vzorec (10) výsledná kladná hodnota znamená pridávanie ovinov  $O_2$ , záporná hodnota znamená ubranie ovinov [14].

$$l_2 = (1 - \delta_2) \cdot l_1 \quad (11)$$

$l_2$ .....dĺžka priadze po rozkrútení, resp. dokrútení v [mm].

$$Z_2 = \frac{O_2}{l_2} \quad (12)$$

$Z_2$ .....počet pridanych, resp ubraných zákrutov [ $m^{-1}$ ]

$O_2$ .....počet pridanych, resp. ubraných ovinov [-]. Získa sa z čítacieho zariadenia zákrutomeru.

Výsledný počet zákrutov  $Z_V$  priadze sa určí nasledovným výpočtovým postupom:

$$O_v = O_I \pm O_2 \quad \begin{array}{l} + \text{ súhlasná orientácia ovinov} \\ - \text{ opačná orientácia ovinov} \end{array} \quad (13)$$

$O_v$ .....výsledný počet ovinov po rozkrútení, resp. dokrútení priadze [-]

$O_1$ .....počet pridaných ovinov do vláknového útvaru dĺžky  $l_o$  zakrucovacím elementom. Úkon sa prevádza vo výrobe [-].

$$O_v/l_2 = \frac{O_1 \pm O_2}{l_2} \quad (14)$$

$$Z_v = \frac{O_1 \pm O_2}{l_2} \quad (15)$$

Na základe vzťahu (12) ďalej platí :

$$Z_v = \frac{l_1 \cdot Z_1 \pm l_2 \cdot Z_2}{l_2} = \frac{l_1}{l_2} \cdot Z_1 \pm Z_2 \quad (16)$$

$$l_1 = (1 - \delta_1) \cdot l_o \Rightarrow \delta_1 = 1 - \frac{l_1}{l_o} \quad (17)$$

$\delta_1$ .....zoskanie vzniká pri výrobnom procese vkladáním ovinov  $O_1$  do vláknového útvaru dĺžky  $l_o$  [-].

$$\delta_1 = \frac{l_o - l_1}{l_o} = 1 - \frac{l_1}{l_o} \quad (18)$$

Úpravou vzťahov (11) a (17) vzniká :

$$l_2 = (1 - \delta_2) \cdot l_1 = (1 - \delta_1) \cdot (1 - \delta_2) \cdot l_o \Rightarrow \delta_2 = 1 - \frac{l_2}{l_1} \quad (19)$$

Výsledný počet zákrutov  $Z_v$  zo vzťahu (16) sa dosadením vzorcov (12), (17) a (19) získa nasledovne:

$$Z_v = \frac{(1 - \delta_1) \cdot l_o}{(1 - \delta_1) \cdot (1 - \delta_2) \cdot l_o} \cdot Z_1 \pm Z_2 \quad (20)$$

$$Z_v = \frac{Z_1}{1 - \delta_2} \pm Z_2 \quad (21)$$

pri  $Z_v^{(+)} \quad \delta_2 \geq 0$

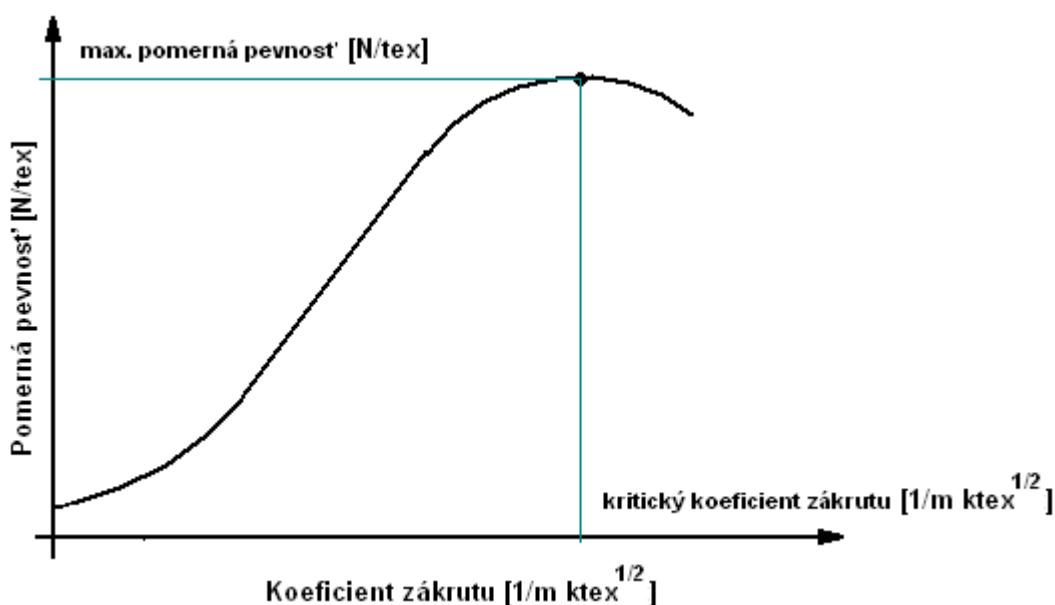
pri  $Z_v^{(-)} \quad \delta_2 \leq 0$

$Z_v$ .....výsledný počet zákrutov [ $m^{-1}$ ]

$Z_1$ .....pôvodný počet zákrutov [ $m^{-1}$ ].

### 1.2.7 KRITICKÝ KOEFICIENT ZÁKRUTU

Pri zakrucovaní sa priadza dostáva do štádia, o ktorom sa pojednáva, ako o kritickom koeficiente zákrutu. Na obr. 5 je znázornená závislosť medzi pomernou pevnosťou priadze a koeficientom zákrutu. Lokálny extrém tejto funkcie je kritický koeficient zákrutu. Všeobecne platí, že po hranicu kritického zákrutu pevnosť priadze s počtom zákrutov narastá. Za touto hranicou klesá v dôsledku prekrucovania vlákien. Zväzok vlákien sa nedá zakrucovať až k teoreticky maximálnej hodnote [1]. Potom hovoríme o nasýtenom zákrute a začína sa objavovať zákrut II stupňa [13]. Vzniká pravdepodobne ako dôsledok vzperného namáhania vnútorných vrstiev vlákna z väčších polomerov.



Obr.5 Závislosť medzi pomernou pevnosťou a koeficientom zákrutu

Viacerí autori stanovili empiricko – experimentálne vzťahy na výpočet kritického koeficientu zákrutu  $\alpha_k$  [ $\text{m}^{-1}\text{ktex}^{1/2}$ ] pre bavlnu [1].

O.Johanson stanovil aproximáciu typu:

$$\alpha_k = 234,12T^{-0,06915} \quad (22)$$

N. Solovjev na výpočet kritického koeficientu zákrutu vytvoril vzťahy:

- tvar pri daných hodnotách materiálu:

$$\alpha_k = 116,7 + 56,9\sqrt{T} \quad (23)$$

- aproximovaný výraz:

$$\alpha_k = 147,78T^{-0,04371} \quad (24)$$

K.I.Korickij zaviedol na výpočet kritického koeficientu zákrutu vzťahy:

- aproximovaný tvar výrazu:

$$\alpha_k = 214,6T^{-0,125} \quad (25)$$

- obecný typ výrazu :

$$\alpha_k = 1713\sqrt[4]{t} / \sqrt{l_m} \sqrt[8]{T} \quad (26)$$

$T$ .....jemnosť priadze [tex]

$t$ .....jemnosť vlákna [tex]

$l_m$ .....modálna dĺžka vlákna [mm]

### 1.2.8 CHLPATOSŤ PRIADZE

Chlpatosť sa charakterizuje množstvom voľne pohyblivých koncov vlákien, ktoré vystupujú z priadze. Kritériom pre posudzovanie tejto vlastnosti je počet odstávajúcich vlákien, ako dĺžkových jednotiek v smere kolmom k priadzi. Priadza nie je homogénne teleso, medzi vláknami sú vzduchové medzery. Hustota umiestnenia vlákien v priereze nie je rovnomerná a smerom k povrchu priadze prechádza plynule do oblasti chlpatosti. Metódy na meranie chlpatosti priadze sa realizujú pomocou obrazovej analýzy Lucia [23] a na prístroji Uster Tester 4. Chlpatosť priadze významným spôsobom ovplyvňuje spracovateľské a úžitkové vlastnosti [21].

### 1. 3 Modely výpočtov pevností jednokomponentných bavlnených priadzí

#### 1.3.1 PREHĽAD POUŽITÝCH VÝPOČTOV PRI PREDIKCII PEVNOSTI

Na stanovenie pevnosti ba priadze existuje množstvo empiricko – teoretických vzťahov. Tieto vychádzajú z teoretického popisu dejov, ktoré prebiehajú pri deštrukcii priadze. Vzťahy môžu sledovať využitie pevnosti vlákien v priadzi, alebo využitie zväzku vlákien v priadzi [2]. Do prvej vyššie spomenutej skupiny patrí Solovjevov a Neckářov vzťah. Využitie zväzku vlákien v priadzi charakterizuje Panov (Weibullové rozdelenie) a korigovaný vzťah. Prepočet na využitie zväzku vlákien v priadzi sa dá realizovať pri Solovjevovi podľa vzťahov (68), (69) a pri Neckářovi podľa vzťahu (68). Relatívna pevnosť priadze sa stanovuje zo vzťahu:

$$\sigma_p = \sigma_v \phi_{vp} = \sigma_s \phi_{sp} = \sigma_v \cdot \phi_{vs} \cdot \phi_{sp} \quad (27)$$

$\sigma_p$ .....pomerná pevnosť priadze [N/tex]

$\sigma_v$ ..... pomerná pevnosť vlákien [N/tex]

$\sigma_s$ .....pomerná pevnosť zväzku vlákien [N/tex]

$\phi_{vp}$ .....využitie pevnosti vlákien v priadzi [-]

$\phi_{sp}$ .....využitie pevnosti zväzku vlákien v priadzi [-]

$\phi_{vs}$ .....využitie pevnosti vlákien vo zväzku [-].

Na meranie pevnosti zväzku ba vlákien sa používa skupina prístrojov ako je napr. Pressley, HVI ( High Volume Instrument). Pre meranie pevnosti jednotlivých ba vlákien sa môžu použiť špeciálne trhacie zariadenia Vibrodyn, Mantis. Vhodné je použiť kombináciu prístrojov Vibroskop (meranie jemnosti rezonančnou metódou) a Vibrodyn [2].

#### 1.3.2 VÝPOČET PEVNOSTI PRIADZE PODĽA A. N. SOLOVJEVA

Pomerná pevnosť priadze  $R$  [N.tex<sup>-1</sup>] je definovaná súčinom pomernej pevnosti vlákna  $F_v$  [N.tex<sup>-1</sup>] a faktormi závislými na vlastnostiach vlákien.

$$R = F_v \cdot f_n \cdot f_l \cdot f_\alpha \cdot \eta_s \quad (28)$$



kde  $f_n$  [-] charakterizuje vplyv počtu vlákien,  $f_l$  [-] vplyv dĺžky vlákien a ich nerovnomernosť v dĺžke,  $f_\alpha$  je závislosť pevnosti priadze na koeficiente zákrutu a  $\eta_s$  je dodatočná korekcia technológie.

Solovjev navrhol pre veličinu  $f_n$  [-] výraz

$$f_n = 1 - C \cdot H - \frac{K}{\sqrt{n}} \quad (29)$$

kde  $C$  je konštanta pre bavlnu zvolená 0,0375,  $H$  je charakteristika technologického procesu (česaná priadza 3,5-4, mykaná 4,5-5) a  $K$  konštanta pre bavlnu zvolená 2,65. Počet vlákien  $n$  [-] je aproximovaný vzťahom (platí len pre zväzok rovnobežných vlákien) :

$$n = \frac{T}{t} \quad (30)$$

kde  $T$  je jemnosť priadze a  $t$  jemnosť vlákien [tex].

Veličina  $f_l$  [-] je vyjadrená vzťahom

$$f_l = 1 - \frac{h}{l} \quad (31)$$

kde  $h$  je empirická materiálová konštanta pre bavlnu uvádzaná 5 a  $l$  je dĺžka vlákien [mm].

Vyjadrenie hodnoty  $f_\alpha$  [-] je doporučené podľa empirickej tabuľky, ktorá určuje  $f_\alpha$  v závislosti na rozdiely použitého Kőchlinovho koeficientu zákrutu  $\alpha$  [ $\text{m}^{-1}\text{ktx}^{1/2}$ ] a kritického koeficientu zákrutu  $\alpha_k$  [ $\text{m}^{-1}\text{ktx}^{1/2}$ ].

$\alpha_k$  se odvodzuje podľa vzťahu

$$\alpha_k = (55 \cdot T^{0,0908}) \cdot \frac{\sqrt{10}}{\sqrt[6]{T}} \quad (32)$$

kde  $T$  je jemnosť priadze v [tex]. Kőchlinov koeficient zákrutu  $\alpha$  se vypočítá podľa vzorca (5).

Rozdiel použitého Kőchlinovho koeficientu zákrutu  $\alpha$  a kritického koeficientu zákrutu  $\alpha_k$  se označuje  $\delta_\alpha$ . [ $\text{m}^{-1}\text{ktx}^{1/2}$ ]

$$\delta_\alpha = \alpha - \alpha_k \quad (33)$$

Tabelované hodnoty  $f_\alpha$  [-] je možné s uspokojivou presnosťou nahradiť [1] výrazom

$$f_\alpha = 1 + \delta_\alpha^2 \left[ 6,67 \cdot 10^{-7} \cdot \delta_\alpha - \frac{0,02027}{179,4 + (\delta_\alpha + 10)^2} - 8 \cdot 10^{-5} \right] \quad (34)$$

Veličina  $\eta_s$  má hodnotu v intervale 0,95-1,1. Do výpočtu sa dosadzuje hodnota v priemere rovná 1 [18].

### 1.3.3 VÝPOČET PEVNOSTI PRIADZE PODĽA NECKÁŘA

Využitie pevnosti vlákien v priadzi  $\phi_{vp}$  [-] podľa Neckářa [1] sa určí :

$$\phi_{vp} = \varphi \cdot \psi \cdot \chi_p \cdot \omega \quad (35)$$

$\varphi$ .....vplyv sklonu vlákien [-]

$\psi$ .....vplyv navlnenia vlákien [-]

$\chi_p$ .....vplyv preklzania vlákien [-]

$\omega$ .....vplyv vláknovej migrácie [-]

Vplyv sklonu vlákien  $\varphi$  sa určí za pomoci týchto vzťahov :

$$\varphi = (1 + \eta_{kor}) \cdot \cos^2 \beta_D + \eta_{kor} \cdot (\ln \cos^2 \beta_D) / \lg^2 \beta_D \quad (36)$$

$$\eta_{kor} = [2(\eta + 2)(r_c / R)^2 - (4 - 3\eta)] / 5 \quad (37)$$

Veličina  $\eta$  má význam Poissonovho pomeru priadze, jej hodnota je navrhnutá 0,5, jej korigovaná hodnota sa označuje  $\eta_{kor}$  [-].

Vplyv navlnenia vlákien  $\psi$  [-] sa vypočíta nasledovne:

$$\psi = \frac{1 + \varepsilon_p}{\varepsilon_p} \cdot \left[ \frac{1 + \bar{\xi}}{1 + 2\bar{\xi}} + \frac{\bar{\xi}}{1 + 2\bar{\xi}} (1 + \varepsilon_p)^{\left( \frac{2\bar{\xi} + 1}{\bar{\xi}} \right)} \right] - \frac{1}{\varepsilon_p} \quad (38)$$

$$\bar{\xi} = \xi_0 \cdot e^{-K\mu(1 - \mu / \mu_m)} \quad (39)$$

$\varepsilon_p$ .....ťažnosť priadze [-]

$\bar{\xi}$ .....mechanicky vyrovnatelné navlnenie, pre veličinu je navrhnutý

vzťah pri predpoklade Paretovho rozloženia.

Výpočet využitia preklzu vlákien  $\chi_p$  :

$$\chi_p = \frac{\phi_c}{\phi} \left\{ 1 - A \left[ \frac{(\phi_c + 1) \ln(\phi_c + 1)}{\phi_c} - 1 \right] \right\} \quad (40)$$

kde  $\phi_c$  sa určí z min. hodnoty ( $\phi_{kluz}$ ,  $\phi$ ), tie sa vypočítajú podľa vzťahov:

$$\phi = (2B / A) \psi \varepsilon_p \quad (41)$$

$$\phi_{kluz} = e^{1/A} - 1 \quad (42)$$

$$B = (E / k_p)(d / L)(1 / k_q f)(1 - \mu^3 / \mu_m^3)^3 / \mu^2 \quad (43)$$

$$A = [D / (2fL)] \cdot [4 / (\pi D Z)^2 + 1] \quad (44)$$

Súčiniteľ tvaru migrácie  $\omega$  sa určí nasledovne:

$$\omega = k_s c \quad (45)$$

Hodnoty na výpočet pevnosti podľa Neckáňa sú uvedené v tab.2 [2].

Tab. 2 Hodnoty pre výpočet pevnosti vlákien v priadzi podľa Neckáňa

veličina	symbol	hodnota
priemer vlákna	$d$	0,01 mm
merná hmotnosť priadze	$\rho$	1520 kgm <sup>-3</sup>
pomer polomerov	$R_c/R$	0,5
pomer priečnej kontrakcie	$\eta$	0,5
medzné zaplnenie	$\mu_m$	0,8
max.mechanicky vyrovnateľné navlnenie	$\xi_0$	0,05
konštanta	$K$	3,18
modul pružnosti vlákna	$E$	6400 Mpa
konštanta	$k_q$	$2/\sqrt{\pi}$
súčiniteľ trenia vlákna	$f$	0,45
koeficient migrácie	$k_s$	0,97
konštanta	$c$	0,99
konštanta na výpočet tlaku	$k_p$	15 Mpa

Konečná pomerná pevnosť  $R$  [N/tex] priadze podľa Neckáňa sa určí zo vzťahu:

$$R = \phi_{vp} \cdot \sigma_v \quad (46)$$

$\sigma_v$ .....pomerná pevnosť vlákna [N/tex].

### 1.3.4 VÝPOČET PEVNOSTI PRIADZE PODĽA N. PANA (WEIBULLOVHO ROZDELENIA)

Predpokladá sa, že rozdelenie pevnosti priadze je Weibullové [3]. To má distribučnú funkciu  $F(\delta)$  [-] a určí sa nasledovne :

$$F(\delta) = 1 - \exp(-l_y \cdot \alpha_y \cdot \delta_y^{\beta_y}) \quad (47)$$

tj. pravdepodobnosť, že vlákno praskne pri zaťažení je  $x \geq \delta_y$ . Parametre vo Weibullovom rozdelení:  $l_y$  je dĺžka vlákien [mm],  $\alpha_y$  je parameter mierky [-] a  $\beta_y$  je parameter tvaru [-].

Potom platí pre priemernú pevnosť  $\overline{\delta_y}$  [N.tex<sup>-1</sup>] a jej smerodajnú odchýlku  $s_{\overline{\delta_y}}$  [N.tex<sup>-1</sup>]

$$\overline{\delta_y} = (l_y \cdot \alpha_y)^{-\frac{1}{\beta_y}} \Gamma\left(1 + \frac{1}{\beta_y}\right) \quad (48)$$

$$s_{\overline{\delta_y}} = \overline{\delta_y} \left( \frac{\Gamma\left(1 + \frac{2}{\beta_y}\right)}{\Gamma^2\left(1 + \frac{1}{\beta_y}\right)} - 1 \right)^{\frac{1}{2}} \quad (49)$$

kde  $\Gamma$  je gamma funkcia.

Pre dané  $\overline{\delta_y}$  a  $s_{\overline{\delta_y}}$  vlákien se nájdu parametre  $\alpha_y$  a  $\beta_y$  z Weibullovho rozdelenia podľa rovnice minimalizácie kde  $\beta \in \langle 1; 9 \rangle$  [22].

$$\overline{\delta_y} \left( \frac{\Gamma\left(1 + \frac{2}{\beta_y}\right)}{\Gamma^2\left(1 + \frac{1}{\beta_y}\right)} - 1 \right)^{\frac{1}{2}} - s_{\overline{\delta_y}} = 0 \quad (50)$$

z rovníc sa vyjadří  $\beta_y$  a dosadí do rovnice pre  $\overline{\delta_y}$ . Z nej sa vyjadruje  $(l_y \cdot \alpha_y)$ .

Pre dostatočne veľký počet vlákien v priereze  $N_y$  (100) je možné nahradiť Weibullové rozdelenie Normálnym rozdelením. Potom pravdepodobnosť, že zväzok paralelných vlákien praskne pri zaťažení je  $x \leq \delta_b$ . Distribučná funkcia Normálneho rozdelenia je  $H(\delta_b)$  [-] a určí sa :

$$H(\delta_b) = \frac{1}{\sqrt{2\pi} \cdot s_{\delta b}} \exp \left[ -\frac{(\delta_b - \overline{\delta_b})^2}{2s_{\delta b}^2} \right] \quad (51)$$

Priemerné zaťaženie paralelných zväzkov vlákien  $\overline{\delta_b}$  [N.tex<sup>-1</sup>] je :

$$\overline{\delta_b} = (l_y \alpha_y \beta_y)^{-\frac{1}{\beta_y}} \cdot \exp \left[ 1 - \frac{1}{\beta_y} \right] \quad (52)$$

Smerodatná odchýlka pevnosti  $s_{\delta b}$  [N.tex<sup>-1</sup>] je :

$$s_{\delta b} = (l_y \alpha_y \beta_y)^{-\frac{2}{\beta_y}} \cdot \exp \left( -\frac{1}{\beta_y} \right) \cdot \left( 1 - \exp \frac{1}{\beta_y} \right) \cdot N_y^{-1} \quad (53)$$

Vypočíta sa  $q$  [rad] uhol zakrúteného zväzku vlákien :

$$q = \arctg \left( 10^{-3} T_y \sqrt{\frac{40\pi}{\rho_f V_f}} \right) \quad (54)$$

kde  $\rho_f$  je hustota vlákien [kg.m<sup>-3</sup>],  $V_f$  je zaplnenie priadze [-],  $T_y$  je zákrutový koeficient [cm<sup>-1</sup>.tex<sup>1/2</sup>] získaný zo vzťahu (55) :

$$T_y = \sqrt{T} \cdot Z \quad (55)$$

kde  $T$  je jemnosť priadze [tex],  $Z$  je počet zákrutov na cm [cm<sup>-1</sup>].

Poissonov pomer zakrúteného zväzku  $\nu_{lt}$  [-] sa získa podľa vzorca (56) :

$$\nu_{lt} = \frac{\sin^5 q}{2(1 - \cos^3 q) \cdot \left( \frac{1}{2} q - \frac{1}{4} \sin 2q \right)} \quad (56)$$

Poissonov pomer vlákien sa väčšinou zanedbáva.

Parameter orientácie vlákien  $\eta_q$  [-] má nasledujúci vzťah :

$$\eta_q = \frac{2q(1 - \nu_{lt}) + (1 + \nu_{lt}) \sin 2q}{4q} \quad (57)$$

Nakoniec sa získá vzťah pre pevnosť priadze  $\overline{\delta_y}$  [N.tex<sup>-1</sup>]

$$\overline{\delta_y} = V_f \cdot \eta_q \cdot \overline{\delta_b} \quad (58)$$

kde  $V_f$  je zaplnenie priadze [-],  $\eta_q$  je parameter orientácie vlákien [-],  $\overline{\delta_b}$  je priemerná pevnosť paralelných zväzkov vlákien [N.tex<sup>-1</sup>].

Smerodatná odchýlka pevnosti priadze  $s_{\delta y}$  [N.tex<sup>-1</sup>] je

$$s_{\delta y} = V_f \cdot \eta_q \cdot s_{\delta b} \quad (59)$$

kde  $V_f$  je zaplnenie priadze [-],  $\eta_q$  je parameter orientácie vlákien [-],  $s_{\overline{\delta b}}$  je smerodatná odchýlka pevnosti paralelne uložených zväzkov vlákien [N.tex<sup>-1</sup>].

### 1.3.5 VÝPOČET PEVNOSTI PODĽA KORIGOVANÉHO VZŤAHU

Postup výpočtu vyjadruje využitie zväzku vlákien v priadzi [2]. Pre nové korigované využitie pevnosti zväzku platí v priadzi  $\phi_{sp}^*$  [-]:

$$\phi_{sp}^* = \mu \cdot \eta_{\beta}^* \quad (60)$$

Potom nasleduje korekcia veličín na korigovaný uhol stúpania skrutkovice vlákien  $\beta_D^*$  [rad], korigovaný Poissonov pomer  $\eta^*$  [-] a korigovaný faktor orientácie  $\eta_{\beta}^*$  [-].

Postup výpočtu:

$$\beta_D^* = \arctg\left(\alpha \sqrt{\frac{4\pi}{\rho\mu}}\right) / \sqrt{10^3} \quad (61)$$

$$\eta^* = \frac{\sin^5 \beta_D^*}{2(1 - \cos^3 \beta_D^*) \left( \frac{1}{2} \beta_D^* - \frac{1}{4} \sin 2\beta_D^* \right)} \quad (62)$$

$$\eta_{\beta}^* = \frac{2\beta_D^* (1 - \eta^*) + (1 + \eta^*) \sin 2\beta_D^*}{4\beta_D^*} \quad (63)$$

Pevnosť priadze sa určí podľa vzťahu, kde  $\sigma_{HVI}$  je pevnosť vlákna vo zväzku HVI [N/tex]:

$$\delta_p = \sigma_{HVI} \cdot \phi_{sp}^* = \sigma_{HVI} \cdot \mu \cdot \eta_{\beta}^* \quad (64)$$

### 1.3.6 VÝPOČET VYUŽITIA PEVNOSTI ZVÄZKU VLÁKIEN V PRIADZI

Využitie pevnosti zväzku vlákien v priadzi  $\phi_{sp}$  [-] v experimentálne skúmanej vzorke sa určí nasledovne:

$$\phi_{sp} = \frac{R}{\sigma_{HVI}} \quad (65)$$

$\sigma_{HVI}$ .....pevnosť zväzku vlákien HVI [N/tex]

$R$ .....pomerná pevnosť – experimentálna [N/tex].

Využitie zväzku vlákien v priadzi  $\phi_{sp}$  [-] podľa korigovaného vzťahu sa stanoví vzorcom (60). Podľa Pana sa využíva na výpočet  $\phi_{sp}$  vzťah :

$$\phi_{sp} = v_f \cdot \eta_q \quad (66)$$

$\eta_q$  .....faktor orientácie vlákien [-] sa vypočíta podľa kap.1.3.4

$v_f$ .....zaplnenie [-], ktoré sa učuje vzťahom (67), používa medznú hodnotu zaplnenia 0,7.

$$v_f = 0,7(1 - 0,78 \exp(-0,198T_y)) \quad (67)$$

$T_y$ .....Köchlinov koeficient zákrutu [ $\text{cm}^{-1}\text{tex}^{1/2}$ ], podľa kap.1.3.4

Na určenie využitia zväzku vlákien v priadzi podľa Solovjeva sa používa vzťah:

$$\phi_{sp} = \frac{\phi_{vp}}{\phi_{vs}} \quad (68)$$

$\phi_{vp}$ .....využitie pevnosti vlákien v priadzi [-] sa vypočíta podľa vzťahu (69), kde údaje  $f_n, f_l, f_\alpha, \eta_s$  sú prebraté z kap.1.3.2.

$$\phi_{vp} = f_n \cdot f_l \cdot f_\alpha \cdot \eta_s \quad (69)$$

$\phi_{vs}$ .....využitie pevnosti vlákien vo zväzku [-], stanovuje sa na základe svojej grafickej závislosti na variačnom koeficiente pevnosti, podľa práce [2] .

Podľa vzorca (68) sa postupuje aj pri výpočte  $\phi_{sp}$  [-] podľa Neckára, kde hodnoty využitia pevnosti vlákien v priadzi  $\phi_{vp}$  [-] sa dosahujú pomocou vzorca (35). Hodnoty využitia pevnosti vlákien v priadzi  $\phi_{vs}$  [-] sa určia obdobne ako pri výpočte podľa Solovjeva [2] .

## 2. EXPERIMENTÁLNA ČASŤ

### 2.1 Popis experimentu

Úlohou experimentu bolo získať údaje o priadzi. Postup prác na trhacom prístroji INSTRON 4411 obr. 6 sa realizoval v súlade s normou ČSN EN ISO 2062.



Obr.6 Trhací prístroj INSTRON 4411

Prístroj zaznamenáva namerané údaje, charakterizujúce ťahovú krivku. Ide o pevnosť pri pretrhnutí v [N] , predĺženie pri pretrhnutí v [mm], energia potrebná na pretrhnutie v [J] a Youngov modul [N/mm]. Na zákrutomere zn. QUIDO HANH obr.7 sa zisťoval zákrut skúšaných priadzí podľa ČSN 80 0701 (nepriama metóda s napínačom) a určovalo sa zoskanie v [-].



Obr.7 Zákrutomer QUIDO HANH



Zoskanie sa nezisťovalo na základnej priadzi, pri ktorej sa oviny nepridávali ani neuberali.

### 2.1.1 NEPRIAMA METÓDA S NAPÍNAČOM

Na upínacej dĺžke 500 mm sa zisťovali zákruty [16]. Jedna čeľusť (pravá) bola otočná, druhá (ľavá) sa vychyľovala. Predpätie sa nastavovalo podľa jemností jednotlivých priadzí. Na to sa použil manuál zákrutomeru. Priadza sa rozkrútila, potom nasledovalo jej zakrútenie. Skúška bola ukončená vtedy, keď sa napínač vrátil do nulovej polohy [9]. Pri pravej čeľusti sa nachádzalo zariadenie na odčítanie otáčok. Počítač otáčok udával dvojnásobný počet zákrutov na skúšanú dĺžku priadze. Pri nastavenej dĺžke 500 mm sa získal potrebný počet zákrutov na 1m.

### 2.1.2 EXPERIMENTÁLNE ZISŤOVANIE PEVNOSTI A ŤAŽNOSTI ROZKRÚTENEJ A ZAKRÚTENEJ PRIADZE

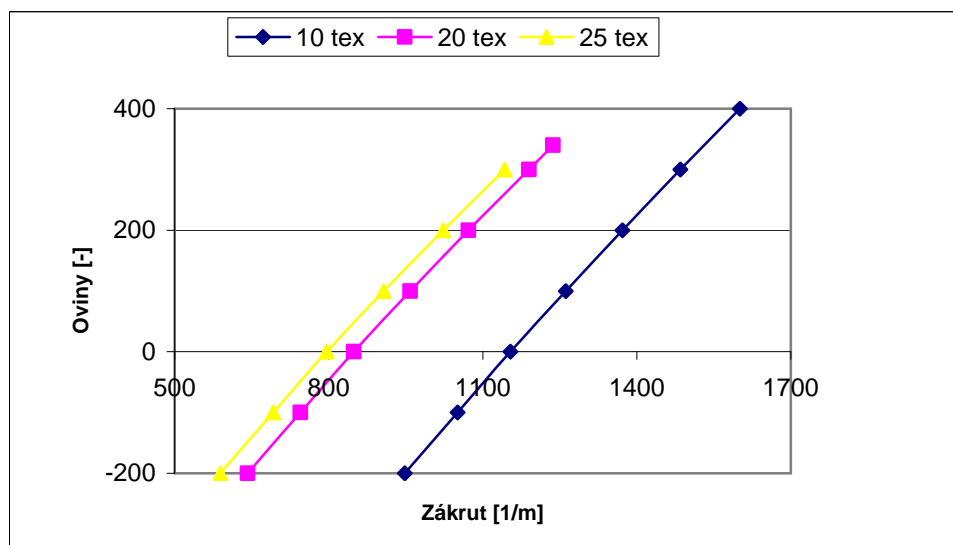
#### *POSTUP PRÁC NA ZÁKRUTOMERE*

Samotný experiment sa začal realizovať na zákrutomere, pomocou ktorého sa pridávali a uberali priadzi oviny. Zákrutomer zn. QUIDO HANH, poháňaný elektromotorom bol zvolený pre jeho vhodnú upínaciu dĺžku, ktorá je max. 750 mm. Zo zákrutomeru bolo potrebné preniesť 500 mm dlhý úsek priadze, zafixovanej v držiaku obr 8.



Obr. 8 Držiak na prenášanie priadze

Tento sa umiestňoval do ďalšieho meracieho zariadenia, trhacieho prístroja. Upínacia dĺžka bola zvolená 650 mm, s ohľadom na zachytenie v koncoch držiaka a vyššie spomenutý potrebný 500 mm úsek priadze na ďalšie testovanie. Na zákrutomere sa nastavovalo pred meraním predpätie, ktoré sa diferencuje podľa jednotlivých jemností priadzí. K tomu sa použila tabuľka manuálu zákrutomeru, kde sú pre jednotlivé jemnosti priadze uvedené vhodné hodnoty predpätia. Počet pridávania a uberania ovinov vo výpočtoch sa stanovil na jeden meter pracovnej dĺžky. Preto bolo potrebné sa prispôbiť pri pridávaní a uberaní ovinov skutočnej upínacej dĺžke zákrutomeru 650 mm. Prepočet bol nasledovný napr.: 100 pridanych ovinov na 1m je v skutočnosti 65 pridanych ovinov na 650mm, 200 pridanych ovinov na 1m, znamenalo pridať 130 ovinov na 650 mm atď. Grafické znázornenie závislosti pridávania, resp. uberania ovinov a následného vývoja zákrutov pre jednotlivé jemnosti priadzí je na obr.9. Zreteľný je podobný trend vývoja zákrutov pri pridávaní, resp. uberaní ovinov pri priadzach všetkých jemností.



Obr.9 Zmena zákrutu pri pridávaní, resp. uberaní ovinov

Súčasťou zákrutomeru je aj meracie zariadenie pre zaznamenanie rozdielu medzi pôvodnou dĺžkou priadze  $l_1$  a dĺžkou po rozkrútení, resp. dokrútení priadze  $l_2$ , ktorého hodnoty sú v mm. Tieto údaje sú tabuľkovo spracované v prílohe č.1, postup výpočtu sa realizoval podľa kap. 1.2.6. Rozdiel medzi pridávaním a uberaním ovinov sa nastavoval na zariadení, nachádzajúcom sa v pravej hornej časti zákrutomeru. Podľa ozn. Z-pridávanie, S- uberanie ovinov. Držiak bol zhotovený špeciálne pre tento

experiment z hliníka, kvôli jeho nízkej váhe. Bol upravený tak, aby jeho konce držiace priadzu sa dali umiestniť do otvorených častí čeľustí trhacieho prístroja.

### *POSTUP PRÁC NA TRHACOM PRÍSTROJI*

Trhací prístroj bol rozdielne nastavený pre základnú priadzu (bez pridávaných a ubraných ovinov) a pre merané priadze s pridávanými a ubranými ovinmi. Rozdiel spočíval v tom, že zakrútená alebo rozkrútená priadza sa upínala do čeľustí pomocou držiaka. Základná priadza sa upínala do čeľustí priamo. Zmena pracovných postupov sa dosiahla iným nastavením prístroja, podľa jeho manuálu. Táto spočívala v neporušenom uchytení priadze s dodanými, resp. ubranými ovinmi pred jej upevnením do čeľustí. Čeľuste v tomto prípade upevňovali priadzu dvojitém pokynom nožného ovládača. Prvý pokyn uzatvoril hornú a druhý pokyn spodnú čeľusť. Úlohu fixácie držiaka prevzali v tomto čase na seba čeľuste. Základná priadza sa ručne umiestňovala do čeľustí. Trhací prístroj bol v tomto prípade podľa manuálu nastavený tak, že trhanie bolo spustené jedným pokynom nožného ovládača. Vzdialenosť svoriek prístroja sa nastavila na 500 mm. INSTRON má počítačové zariadenie pre grafický záznam priebehu skúšky. Namerané údaje sa zaznamenávajú na pevný disk PC do súborov s príponami rep, asc a mrd. Súbor s príponou mad. sa vytvára po ukončení merania. Z hľadiska štatistického spracovania jeden výber obsahoval 50 meraní. V prípade, že niektoré meranie nespĺňalo normou predpísané podmienky, bolo to počas merania zaznamenané. Takéto merania bolo nutné nahradiť novými do celkového počtu 50 [11]. Pri základnej priadzi sa priemerná doba od spustenia trhacieho prístroja do pretrhnutia priadze podľa normy mala pohybovať v časovom intervale  $20s \pm 3s$  [15]. Na dosiahnutie uvedeného času bolo potrebné nastaviť rýchlosť trhacieho procesu. Bolo žiadúce vykonať viacero skúšobných meraní pre efektívne nastavenie rýchlosti. Pôvodná vízia merania bola založená na tom, že každá sada meraní bude mať svoju trhaciu rýchlosť. Táto normou stanovená metodika sa nedala použiť v neštandardných podmienkach, t.j. pri rozkrútenej alebo zakrútenej priadzi. Aj pri enormnom úsilí u týchto priadzi sa nepodarilo nastaviť rýchlosť tak, aby sa dosiahol stanovený časový interval. Z uvedených príčin sa musela upraviť metodika ďalšieho postupu. Zmena spočívala pri priadzach s pridávanými, resp. ubranými ovinmi v tom, že sa ponechala trhacia rýchlosť zo základnej priadze s ohľadom na ich jemnosť a zanedbal sa vyššie stanovený časový interval.

Pri experimente sa používali tieto prstencové priadze:

- ba M II 10 tex prstencová česaná, jemnosť priadze je 10,11 tex
- ba AI 20 tex prstencová česaná, jemnosť priadze 19,95 tex
- ba AI 25 tex prstencová mykaná, jemnosť priadze 25,83 tex.

Pre jednotlivé jemnosti priadze sa prevzali experimentálne alebo výpočtovo získané údaje [2], ktoré sa následne používali pri výpočtoch modelov pevnosti. Tieto hodnoty sú umiestnené v tab. 3, 4, 5 a 6.

Tab.3 Hodnoty charakterizujúce vlákna jednotlivých priadzí

<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="flex: 1; border-bottom: 1px solid black; border-right: 1px solid black; padding: 5px;">veličina</div> <div style="flex: 1; border-bottom: 1px solid black; padding: 5px;">jemnosť</div> </div>	10 tex	20 tex	25 tex
jemnosť vlákna $t$ [tex]	0,1388	0,139	0,139
pevnosť vlákna vibroskop $\sigma_v$ [N/tex]	0,435	0,327	0,327
pevnosť vlák. vo zväzku HVI $\sigma_{HVI}$ [N/tex]	0,4333	0,2933	0,2933
variačný koef. pevnosti vlákna $v_p$ [%]	26	26	26
stredná dĺžka vlákna $l$ [mm]	29,86	30,14	30,47
modálna dĺžka vlákien $l_m$ [mm]	28,077	26,304	27
ťažnosť vlákna $\varepsilon_v$ [%]	8,346	7,32	7,32

Zákrut  $Z$  [ $m^{-1}$ ] základnej priadze sa určil nepriamou metódou s napínačom. Podľa vzorcov v teoretickej časti (10) až (21) sa vypočítali ďalšie hodnoty zákrutov rozkrútenej a zakrútenej priadze, ktoré sú uvedené v prílohe č.1. Výsledné hodnoty zákrutov sú zaznamenané v tab. 4, 5, 6. Ďalšie hodnoty tabuliek 4, 5, 6 sa vypočítali: jemnosť  $T$  [tex] podľa vzorca (2), pre výpočet priemeru  $D$  [mm] platil vzťah (8), zaplnenie  $\mu$  [-] sa určilo podľa (9), koeficient zákrutu  $\alpha$  [ $m^{-1}ktex^{1/2}$ ] určil výraz (5) a zoskanie  $\delta_2$  [-] sa stanovilo vzťahom (10). Hodnoty jemnosti základných priadzí sa prevzali z literatúry [2].

Tab.4 Hodnoty zákrutu, jemnosti, priemeru, zaplnenia, koeficientu zákrutu a zoskania pri uberaní, resp. pridávaní ovinov pre 10 tex priadzu

O [-]	Z [m <sup>-1</sup> ]	T [tex]	D [mm]	μ [-]	α [m <sup>-1</sup> ktex <sup>1/2</sup> ]	δ <sub>2</sub> [-]
-200	948	10,043	0,1296	0,5011	95,00	0,00682
-100	1051	10,075	0,1274	0,5199	105,49	0,00347
Zákl.	1154	10,11	0,1257	0,5361	116,03	
100	1262	10,173	0,1244	0,5511	127,29	0,00623
200	1372	10,241	0,1233	0,5644	138,85	0,01282
300	1485	10,323	0,1225	0,5766	150,88	0,02060
400	1601	10,414	0,1218	0,5876	163,38	0,02922

Tab.5 Hodnoty zákrutu, jemnosti, priemeru, zaplnenia, koeficientu zákrutu a zoskania pri uberaní, resp. pridávaní ovinov pre 20 tex priadzu

O [-]	Z [m <sup>-1</sup> ]	T [tex]	D [mm]	μ [-]	α [m <sup>-1</sup> ktex <sup>1/2</sup> ]	δ <sub>2</sub> [-]
-200	642	19,713	0,1898	0,4585	90,14	0,012
-100	745	19,829	0,1845	0,4878	104,91	0,00611
Zákl.	849	19,95	0,1806	0,5123	119,92	
100	959	20,145	0,1778	0,5340	136,11	0,00967
200	1072	20,375	0,1757	0,5527	153,02	0,02085
300	1190	20,65	0,1743	0,5694	171,00	0,03389
340	1237	20,753	0,1738	0,5754	178,20	0,03867

Tab.6 Hodnoty zákrutu, jemnosti, priemeru, zaplnenia, koeficientu zákrutu a zoskania pri uberaní, resp. pridávaní ovinov pre 25 tex priadzu

O [-]	Z [m <sup>-1</sup> ]	T [tex]	D [mm]	μ [-]	α [m <sup>-1</sup> ktex <sup>1/2</sup> ]	δ <sub>2</sub> [-]
-200	589	25,509	0,2281	0,4108	94,07	0,01257
-100	692	25,653	0,2199	0,4445	110,84	0,00688
Zákl.	796	25,83	0,2139	0,4728	127,93	
100	907	26,143	0,2097	0,4982	146,65	0,01173
200	1023	26,525	0,2066	0,5206	166,61	0,02622
300	1143	26,937	0,2044	0,5403	187,60	0,0411

### 2.1.3 POPIS SPRACOVANIA EXPERIMENTÁLNYCH HODNÔT

Zo záznamu trhacieho prístroja sa získali hodnoty charakterizujúce ťahové krivky priadzí. Tieto hodnoty uvádzal prístroj v súbore s príponou rep. Základné súbory tvorili priadze s rôznymi jemnosťami a s rôznym počtom pridávaných a ubraných ovinov [14]. Z nich sa vytvárali vhodne zvolené výbery. Za optimálnu hranicu počtu meraní v jednom výbere sa stanovilo 50 meraní. Celkom bolo vytvorených 20 súborov priadzí, ktoré pochádzajú z troch vzoriek o jemnostiach 10, 20, 25 tex. Prvú vzorku tvorila priadza s jemnosťou 10 tex, pri ktorej sa pridávalo 100, 200, 300, 400 a uberalo 100 a 200 ovinov. Rovnako sa postupovalo aj pri priadzi s jemnosťou 20 tex s rozdielom, že sa pridávalo miesto 400 iba 340 ovinov, pri tejto medznej hranici sa končila schopnosť zákrutomeru zaznamenať zoskanie. Pri vzorkách s jemnosťou 25 tex bolo len 6 súborov, už nebolo potrebné pridať priadzi 400 ovinov. Súbor vzorky 20 tex so 100 pridávanými ovinmi nevykazoval predpokladané hodnoty pevnosti pri pretrhnutí [N] a z uvedeného dôvodu sa rozšíril o ďalších 50 meraní. Ich spojenie neodporovalo zásadám štatistického spracovania údajov [11]. Rozšírením počtu meraní sa sledovala skutočnosť, či bol nedostatok v metodike merania, alebo v kvalite priadze. Pri pokuse ubrať priadzam 300 ovinov, nedošlo k ich pretrhnutiu. Namerané hodnoty sa štatisticky

spracovávali v programe ADSTAT, verzia 1.25. Používala sa analýza jedného výberu a určovali sa v nej klasické odhady parametrov a parametre tvaru. V základných predpokladoch sa zisťoval test normality, test nezávislosti, určovanie odľahlých bodov a homogenita výberu. Hodnoty, ktoré nevyhoveli štatistickým testom boli z výberu vyradené a v ďalšom výpočte sa s nimi neuvažovalo.

## 2.2 Pevnosť pri pretrhnutí

### 2.2.1 SÚHRN VÝSLEDNÝCH EXPERIMENTÁLNYCH HODNÔT

Hodnoty zákrutov  $Z$  [ $\text{m}^{-1}$ ] a koeficientov zákrutu  $\alpha$  [ $\text{m}^{-1}\text{ktex}^{1/2}$ ] sa prevzali z tab. 4, 5, 6. Priemerná hodnota pevnosti pri pretrhnutí  $P$  [N], štatisticky testovaná sa zaznamenávala priamo do tabuliek 7, 8, 9 spolu s jej 95% - ným konfidenčným intervalom. Phrixov koeficient zákrutu  $a$  [ $\text{m}^{-1}\text{ktex}^{2/3}$ ] sa určil pomocou vzťahu (6). Pomerná pevnosť  $R$  [N/tex] je podielom pevnosti a jemnosti (3). Súčasne s pomernou pevnosťou sa zaznamenáva aj jej 95% - konfidenčný interval. Na obr. 10 je zobrazený graf závislosti pevnosti  $P$  [N] na zákrute  $Z$  [ $\text{m}^{-1}$ ] pre tri skúšané vzorky priadzí. Grafická závislosť pomernej pevnosti  $R$  [N/tex] s Köchlinovým  $\alpha$  a Phrixovým koeficientom  $a$  zákrutu pre tri vzorky je vyjadrená na obr.11.

Tab. 7 Výsledné hodnoty zákrutu, pevnosti, koeficientov zákrutu, pomernej pevnosti pre 10 tex priadzu

$Z$ [ $\text{m}^{-1}$ ]	$P$ [N] 95%-ný konfidenčný interval	$\alpha$ [ $\text{m}^{-1}\text{ktex}^{1/2}$ ]	$a$ [ $\text{m}^{-1}\text{ktex}^{2/3}$ ]	$R$ [N/tex] 95%-ný konfidenčný interval
948	1,583 <1,541 ; 1,624>	95,00	44,12	0,1576 <0,1534 ; 0,1617>
1051	1,722 <1,681 ; 1,763 >	105,49	49,03	0,1709 <0,1669 ; 0,175>
1154	1,825 <1,788; 1,863 >	116,03	53,96	0,1806 <0,1768 ; 0,1843>
1262	1,911 <1,862 ; 1,960>	127,29	59,25	0,1879 <0,1830 ; 0,1927>
1372	1,993 <1,960 ; 2,041>	138,85	64,70	0,1946 <0,1898 ; 0,1993>
1485	1,974 <1,920 ; 2,028>	150,88	70,40	0,1912 <0,186 ; 0,1964>
1601	1,932 <1,880 ; 1,984>	163,38	76,35	0,1855 <0,1805 ; 0,1905.

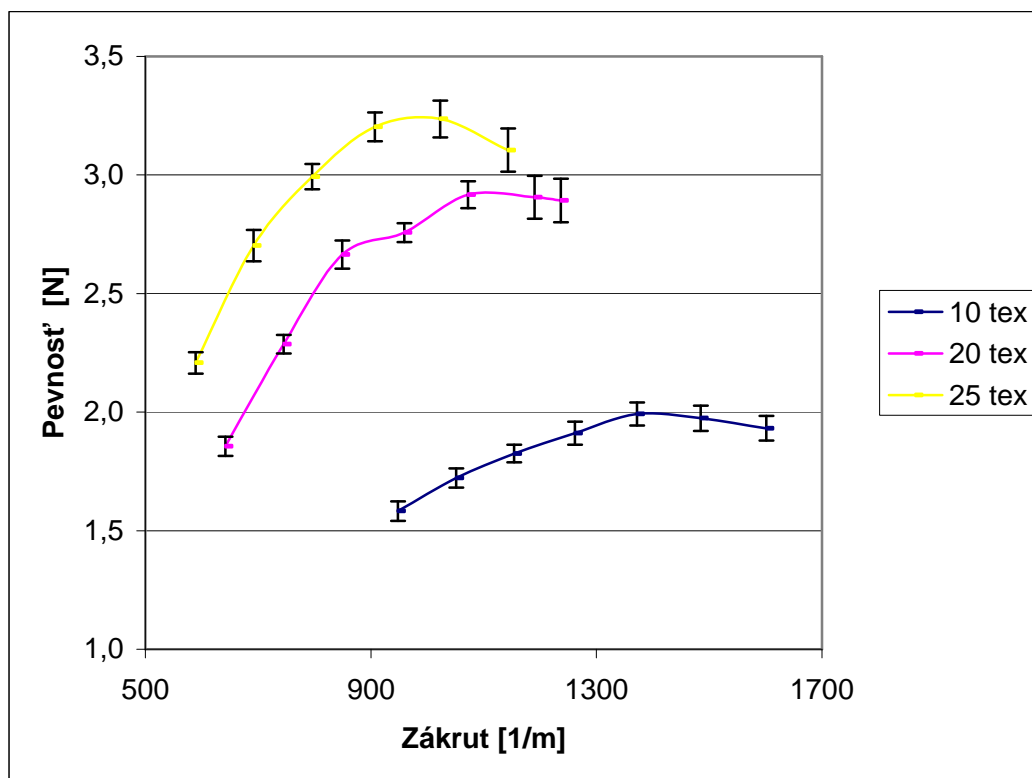
Tab. 8 Výsledné hodnoty zákrutu, pevnosti, koeficientov zákrutu, pomernej pevnosti  
pre 20 tex priadzu

Z [m <sup>-1</sup> ]	P [N] 95%-ný konfidenčný interval	$\alpha$ [m <sup>-1</sup> ktex <sup>1/2</sup> ]	a [m <sup>-1</sup> ktex <sup>2/3</sup> ]	R [N/tex] 95%-ný konfidenčný interval
642	1,856 <1,815 ; 1,897 >	90,14	46,85	0,0941 <0,0921 ; 0,0962>
745	2,286 <2,247 ; 2,325>	104,91	54,58	0,1153 <0,1133 ; 0,1173>
849	2,664 <2,605 ; 2,724>	119,92	62,45	0,1335 <0,1305 ; 0,1365>
959	2,757 <2,717 ; 2,797>	136,11	71,00	0,1369 <0,1349 ; 0,1388>
1072	2,917 <2,861 ; 2,974>	153,02	79,97	0,1432 <0,1404 ; 0,1460>
1190	2,906 <2,815 ; 2,997>	171,00	89,57	0,1407 <0,1363 ; 0,1451>
1237	2,892 <2,801 ; 2,984>	178,20	93,42	0,1394 <0,1350 ; 0,1438>

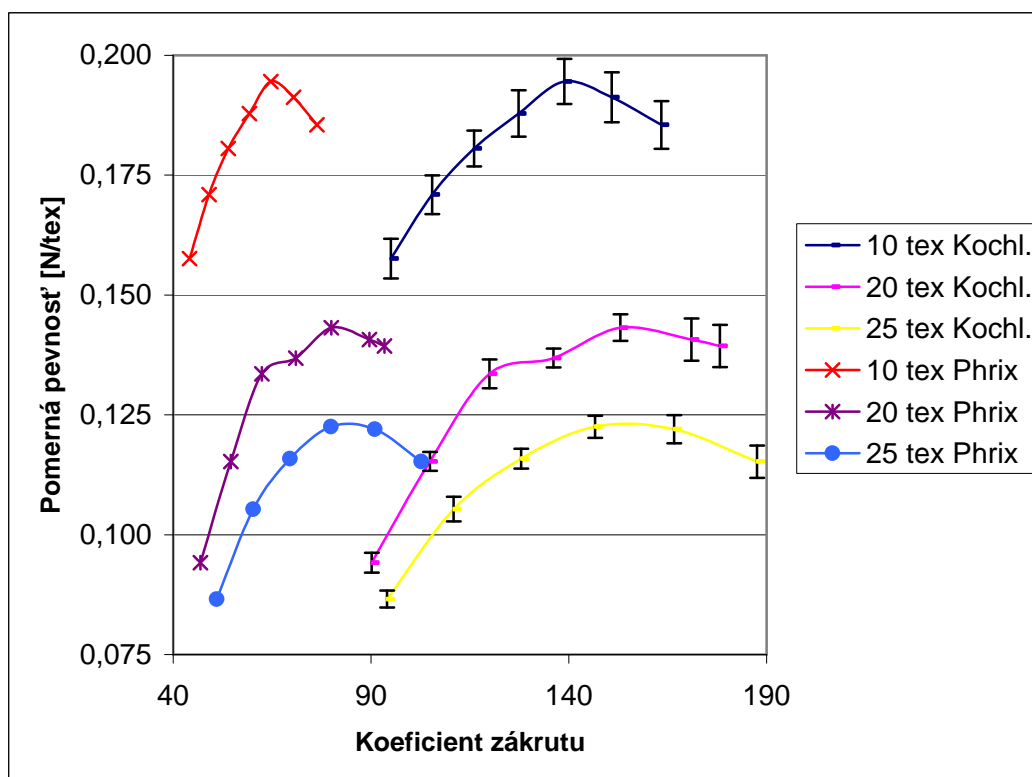
Tab. 9 Výsledné hodnoty zákrutu, pevnosti, koeficientov zákrutu, pomernej pevnosti  
pre 25 tex priadzu

Z [m <sup>-1</sup> ]	P [N] 95%-ný konfidenčný interval	$\alpha$ [m <sup>-1</sup> ktex <sup>1/2</sup> ]	a [m <sup>-1</sup> ktex <sup>2/3</sup> ]	R [N/tex] 95%-ný konfidenčný interval
589	2,208 <2,163 ; 2,253>	94,07	51,04	0,0866 <0,0848 ; 0,0883>
692	2,702 <2,636 ; 2,768>	110,84	60,19	0,1053 <0,1027 ; 0,1079>
796	2,993 <2,940 ; 3,046>	127,93	69,56	0,1159 <0,1138 ; 0,1179>
907	3,203 <3,143 ; 3,263>	146,65	79,89	0,1225 <0,1202 ; 0,1248>
1023	3,236 <3,158 ; 3,314>	166,61	90,99	0,1220 <0,1191 ; 0,1249>
1143	3,105 <3,014 ; 3,196>	187,60	102,71	0,1153 <0,1119 ; 0,1186>





Obr.10 Graf závislosti pevnosti na zákrute



Obr. 11 Graf závislosti pomernej pevnosti na koeficientoch zákrutu

## 2.2.2 ROZBOR EXPERIMENTÁLNYCH VÝSLEDKOV

Pri zakrucovaní priadze všetkých jemností je možné pozorovať v grafickom zázname zvyšovanie pomernej pevnosti. Tento efekt nárastu sa prejavuje podobne pri Kőchlinovom aj Phrixovom koeficiente zákrutu a je viditeľný až do miesta kritického koeficientu zákrutu. Po jeho dosiahnutí sa pomerná pevnosť znižuje. Pri odoberaní ovinov hodnota pomernej pevnosti má klesajúcu tendenciu. Funkcie priadzí mali očakávaný priebeh, až na 20 tex priadzu v mieste pridania 100 ovinov, kde bol predpoklad vyššej pomernej pevnosti. Daná hodnota bola preverená zvýšeným počtom meraní o 50, čo by malo vylúčiť chybu spôsobenú meraním. Efekt prikrútenia priadze sa neprejavil v tomto mieste v plnej miere aj keď mierny posun nastal. Po pridaní ďalších ovinov sa geometrická štruktúra akoby zrelaxovala. K vyššiemu koeficientu zákrutu je prisudzovaný i väčší sklon vlákien k ose priadzi, čo má za následok menej priaznivé geometrické pomery pri rozklade síl vo vláknach. Nárast pomernej pevnosti sa preto spomaľuje a za kritickým koeficientom zákrutu klesá [1]. Toto konštatovanie potvrdil aj experiment.

## 2.3 Ťažnosť

### 2.3.1 SÚHRN VÝSLEDNÝCH EXPERIMENTÁLNYCH HODNÔT

Hodnoty zákrutov  $Z$  [ $\text{m}^{-1}$ ] a Kőchlinových koeficientov zákrutov  $\alpha$  [ $\text{m}^{-1}\text{ktex}^{1/2}$ ] sa prevzali z tab. 4, 5, 6. V druhom stĺpci tab. 10, 11, 12 je uvedená hodnota pomerného predĺženia pri pretrhnutí  $\epsilon_h$  [mm] spolu s 95% - ným konfidenčným intervalom. V poslednom stĺpci tab. 10, 11, 12 sa nachádza ťažnosť  $\epsilon_p$  [%], ktorá sa počítala podľa vzorca (4). 95% - ný konfidenčný interval ťažnosti bol vypočítaný z hodnôt predĺženia pri pretrhnutí. Obr. 12 znázorňuje vývoj ťažnosti  $\epsilon_p$  [%] pri zmene koeficientu zákrutov. Závislosť pomerného predĺženia priadze pri pretrhnutí [mm] na počte zákrutov je graficky zaznamenaná v prílohe č.2.

Tab.10 Výsledné hodnoty zákrutu, pomerného predĺženia, koeficientu zákrutu, ťažnosti  
pre 10 tex priadzu

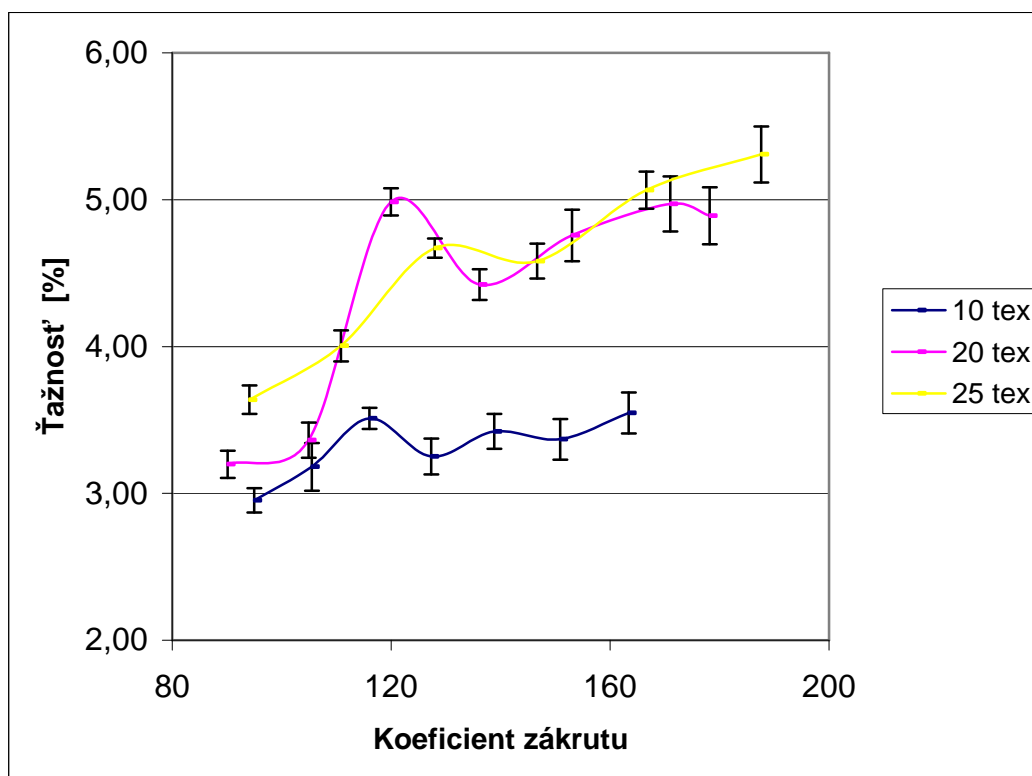
Z [m <sup>-1</sup> ]	$\varepsilon_h$ [mm] 95%-ný konfidenčný interval	$\alpha$ [m <sup>-1</sup> ktex <sup>1/2</sup> ]	$\varepsilon_p$ [%] 95%-ný konfidenčný interval
948	14,76 <14,34 ; 15,19>	95,00	2,9528 <2,8708 ; 3,0348>
1051	15,90 <15,35 ; 16,46>	105,49	3,1806 <3,0186 ; 3,3426>
1154	17,55 <17,18 ; 17,92>	116,03	3,5104 <3,4388 ; 3,5820>
1262	16,25 <15,62 ; 16,88>	127,29	3,2504 <3,1285 ; 3,3723>
1372	17,11 <16,49 ; 17,73>	138,85	3,4218 <3,3026 ; 3,5410>
1485	16,84 <16,12 ; 17,56>	150,88	3,3684 <3,2298 ; 3,5070>
1601	17,74 <17,02 ; 18,46>	163,38	3,5474 <3,4083 ; 3,6865>

Tab. 11 Výsledné hodnoty zákrutu, pomerného predĺženia, koeficientu zákrutu,  
ťažnosti pre 20 tex priadza

Z [m <sup>-1</sup> ]	$\varepsilon_h$ [mm] 95%-ný konfidenčný interval	$\alpha$ [m <sup>-1</sup> ktex <sup>1/2</sup> ]	$\varepsilon_p$ [%] 95%-ný konfidenčný interval
642	15,99 <15,51 ; 16,47>	90,14	3,1984 <3,1057 ; 3,2911>
745	16,81 <16,19 ; 17,43>	104,91	3,362 <3,2425 ; 3,4815>
849	24,92 <24,44 ; 25,40>	119,92	4,9844 <4,8919 ; 5,0769>
959	22,11 <21,60 ; 22,62>	136,11	4,422 <4,3166 ; 4,5274>
1072	23,79 <22,87 ; 24,69>	153,02	4,757 <4,5813 ; 4,9327>
1190	24,85 <23,88 ; 25,83>	171,00	4,9708 <4,7829 ; 5,1587>
1237	24,45 <23,45 ; 25,46>	178,20	4,8906 <4,696 ; 5,0852>

Tab. 12 Výsledné hodnoty zákrutu, pomerného predĺženia, koeficientu zákrutu, ťažnosti pre 25 tex priadzu

$Z$ [m <sup>-1</sup> ]	$\varepsilon_h$ [mm] 95%-ný konfidenčný interval	$\alpha$ [m <sup>-1</sup> ktex <sup>1/2</sup> ]	$\varepsilon_p$ [%] 95%-ný konfidenčný interval
589	18,19 <17,68 ; 18,69>	94,07	3,638 <3,5404 ; 3,7356>
692	20,02 <19,47 ; 20,57>	110,84	4,0044 <3,8984 ; 4,1104>
796	23,35 <23,01 ; 23,69>	127,93	4,6698 <4,6045 ; 4,7351>
907	22,91 <22,29 ; 23,52>	146,65	4,5818 <4,4633 ; 4,7002>
1023	25,32 <24,67 ; 25,98>	166,61	5,0646 <4,9385 ; 5,1907>
1143	26,54 <25,66 ; 27,42>	187,60	5,3084 <5,1188 ; 5,499>



Obr. 12 Vývoj ťažnosti pri zmene koeficientu zákrutu

### 2.3.2 ANALÝZA EXPERIMENTÁLNYCH VÝSLEDKOV

Pri rozkrucovaní priadzí sa ťažnosť u všetkých troch znižuje. Vysokú hodnotu dosahujú základné priadze. Pridaním 100 ovinov ťažnosť prudko poklesne. Ďalším pridávaným ovinov má opäť stúpajúci trend. Správanie priadzí sa následne odlišuje. Ďalej sa zvyšuje ťažnosť priadze 25 tex. Priadza 10 tex pri zakrucovaní vykazuje kolísavé hodnoty. Priadza 20 tex pri zakrútení najskôr vykazuje stúpanie ťažnosti a v závere sa prejavila jej poklesom. Rastúci koeficient zákrutu spôsobuje stlačenie vlákien a ich lepšie zovretie [1], čo sa prejavuje na hodnotách ťažnosti.

## 2.4 Energia potrebná na pretrhnutie

### 2.4.1 SÚHRN VÝSLEDNÝCH EXPERIMENTÁLNYCH HODNÔT

Výsledná hodnota zákrutov  $Z$  [ $\text{m}^{-1}$ ] a Kőchlinových koeficientov zákrutu  $\alpha$  [ $\text{m}^{-1}\text{ktex}^{1/2}$ ] v tab.13-15 sa určili obdobne ako v tab. 4, 5, 6. Energia potrebná na pretrhnutie priadze  $A_P$  [J] odmeraná trhacím prístrojom bola štatisticky spracovaná. V treťom stĺpci je jej 95% - ný konfidenčný interval. Závislosť energie potrebnej na pretrhnutie priadze  $A_P$  [J] so zákrutmi  $Z$  [ $\text{m}^{-1}$ ] je zobrazená v prílohe č.2. Obr. 13 znázorňuje závislosť  $A_P$  [J] na koeficiente zákrutu.

Tab. 13 Výsledné hodnoty zákrutu, energie potrebnej na pretrhnutie, koeficientu zákrutu pre 10 tex priadzu

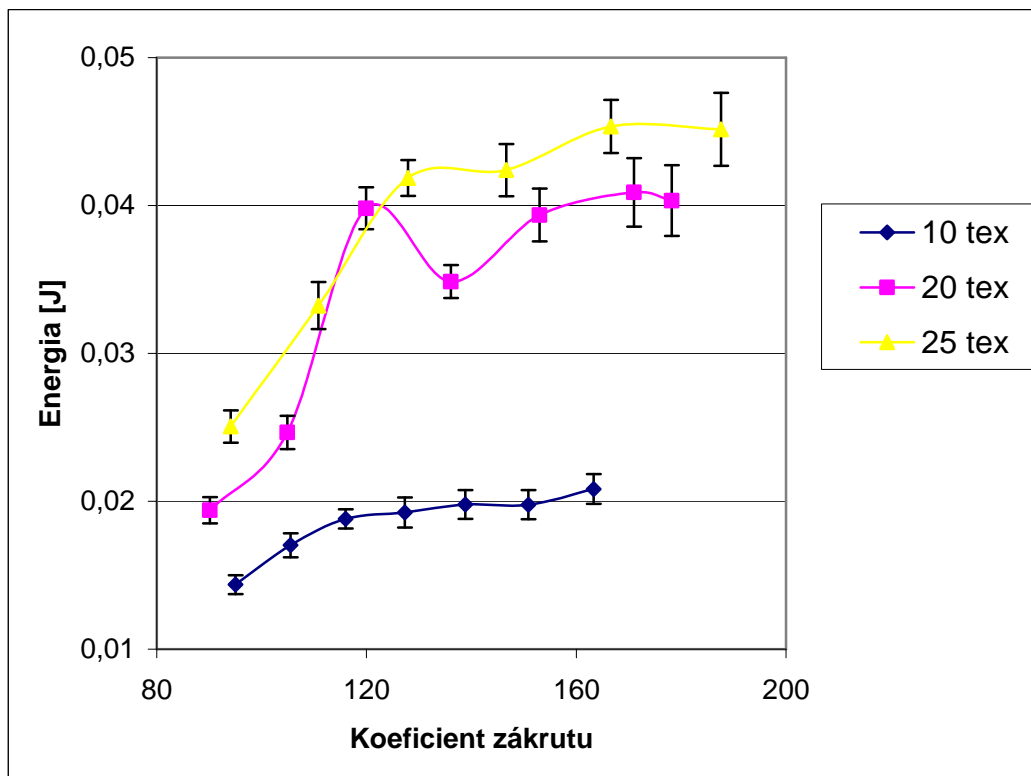
$Z$ [ $\text{m}^{-1}$ ]	$A_P$ [J]	$A_P$ [J] 95%-ný konfidenčný interval	$\alpha$ [ $\text{m}^{-1}\text{ktex}^{1/2}$ ]
948	0,0144	<0,0137 ; 0,0150>	95,00
1051	0,0170	<0,0162 ; 0,0178>	105,49
1154	0,0188	<0,0182 ; 0,0195>	116,03
1262	0,0192	<0,0182 ; 0,0203>	127,29
1372	0,0198	<0,0188 ; 0,0208>	138,85
1485	0,0198	<0,0188 ; 0,0208>	150,88
1601	0,0208	<0,0198 ; 0,0218>	163,38

Tab. 14 Výsledné hodnoty zákrutu, energie potrebnej na pretrhnutie, koeficientu zákrutu pre 20 tex priadzu

Z [m <sup>-1</sup> ]	A <sub>P</sub> [J]	A <sub>P</sub> [J] 95%-ný konfidenčný interval	α [m <sup>-1</sup> ktex <sup>1/2</sup> ]
642	0,0194	<0,0185 ; 0,0203>	90,14
745	0,0247	<0,0235 ; 0,0238>	104,91
849	0,0398	<0,0384 ; 0,0412>	119,92
959	0,0349	<0,0337 ; 0,0360>	136,11
1072	0,0394	<0,0376 ; 0,0411>	153,02
1190	0,0409	<0,0386 ; 0,0432>	171,00
1237	0,0403	<0,0380 ; 0,0427>	178,20

Tab. 15 Výsledné hodnoty zákrutu, energie potrebnej na pretrhnutie, koeficientu zákrutu pre 25 tex priadzu

Z [m <sup>-1</sup> ]	A <sub>P</sub> [J]	A <sub>P</sub> [J] 95%-ný konfidenčný interval	α [m <sup>-1</sup> ktex <sup>1/2</sup> ]
589	0,0251	<0,0240 ; 0,0262>	94,07
692	0,0332	<0,0316 ; 0,0348>	110,84
796	0,0419	<0,0407 ; 0, 431>	127,93
907	0,0424	<0,0406 ; 0, 442>	146,65
1023	0,0453	<0,0435 ; 0,0471>	166,61
1143	0,0451	<0,0427 ; 0,0476>	187,60



Obr.13 Závislosť energie potrebnej na pretrhnutie na koeficiente zákrutu

#### 2.4.2 ANALÝZA EXPERIMENTÁLNYCH VÝSLEDKOV

Grafický priebeh závislosti energie potrebnej na pretrhnutie priadze  $A_P$  [J] so zákrutmi  $Z$  [ $\text{m}^{-1}$ ] znázornený v prílohe č.2 sa približuje krivkám znázorňujúcim vzťah pevnosti  $P$  [N] na zákrute  $Z$  [ $\text{m}^{-1}$ ]. Výnimku tvorí len priadza s jemnosťou 10 tex, hlavne pri pridání 400 ovinov. Pri jemnostiach 20 a 25 tex sa priebehy kriviek odlišujú v mieste pridania 100 ovinov. Energia potrebná na pretrhnutie zodpovedá ploche pod priebehom ťahovej krivky a jej veľkosť je priamo úmerná na pomernom predĺžení  $\varepsilon_h$  [mm] a pevnosti  $P$  v [N]. Ak pomerné predĺženie  $\varepsilon_h$  [mm] klesá v určitých miestach (napr. pridanie 100 ovinov) vid'. príloha č.2, podobný pokles sa zaznamenáva aj pri  $A_P$ . Ten je čiastočne kompenzovaný nárastom pevnosti  $P$  v daných miestach.

## 2.5 Youngov modul

### 2.5.1 SÚHRN VÝSLEDNÝCH EXPERIMENTÁLNYCH HODNÔT

Youngov modul  $E_p$  je lineárna časť ťahovej krivky, ktorá charakterizuje priebeh pružnej deformácie priadze. Tabuľky 16-18 začínajú stĺpcom s počtom zákrutov  $Z$  [ $\text{m}^{-1}$ ]. Potom nasleduje za sebou v tomto poradí Youngov modul  $E_p$  [ $\text{N/mm}$ ], jeho 95% -ný konfidenčný interval a Kőchlinov koeficient zákrutu  $\alpha$  [ $\text{m}^{-1}\text{ktex}^{1/2}$ ]. Závislosť Youngovho modulu na koeficiente zákrutu znázorňuje obr. 14. Vzťah medzi Youngovým modulom a zákrutom je zobrazený v prílohe č. 2.

Tab. 16 Výsledné hodnoty zákrutu, Youngovho modulu, koeficientu zákrutu pre 10 tex priadzu

$Z$ [ $\text{m}^{-1}$ ]	$E_p$ [ $\text{N/mm}$ ]	$E_p$ [ $\text{N/mm}$ ] 95%-ný konfidenčný interval	$\alpha$ [ $\text{m}^{-1}\text{ktex}^{1/2}$ ]
948	0,1271	<0,1241 ; 0,1301>	95,00
1051	0,1420	<0,1387 ; 0,1452>	105,49
1154	0,1358	<0,1317 ; 0,1399>	116,03
1262	0,1524	<0,1471 ; 0,1577>	127,29
1372	0,1289	<0,1243 ; 0,1335>	138,85
1485	0,1322	<0,1245 ; 0,1398>	150,88
1601	0,1422	<0,1329 ; 0,1514>	163,38

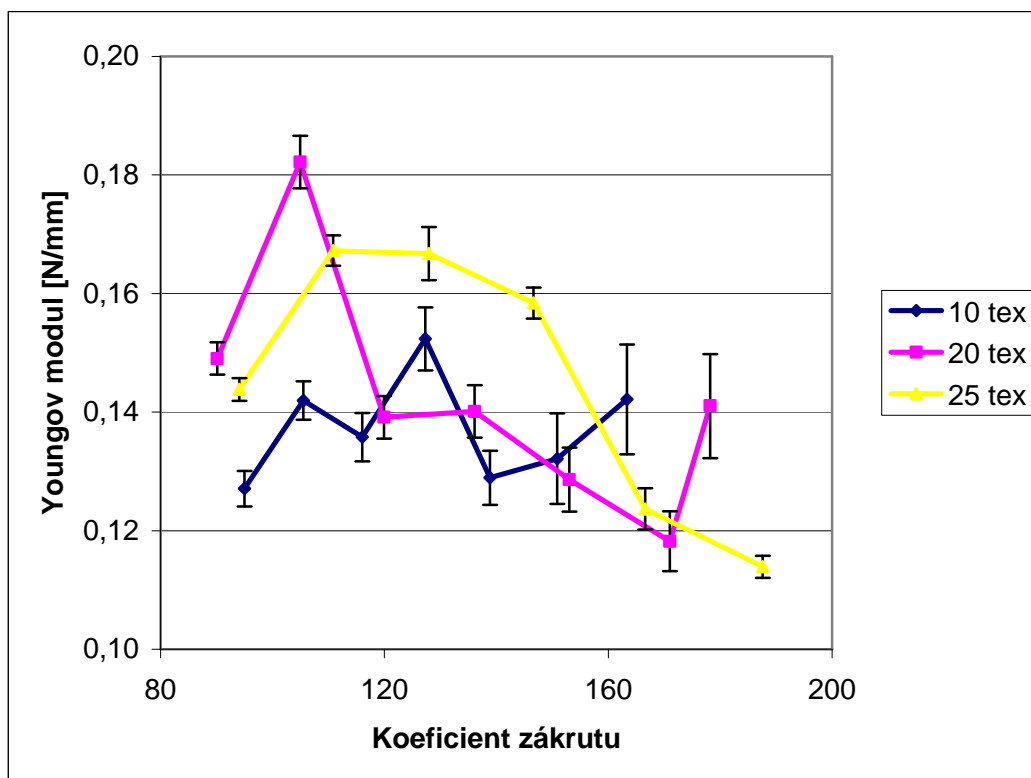


Tab. 17 Výsledné hodnoty zákrutu, Youngovho modulu, koeficientu zákrutu pre 20 tex priadzu

Z [m <sup>-1</sup> ]	E <sub>p</sub> [N/mm]	E <sub>p</sub> [N/mm] 95%-ný konfidenčný interval	α [m <sup>-1</sup> ktex <sup>1/2</sup> ]
642	0,1491	< 0,1463 ; 0,1518>	90,14
745	0,1822	<0,1777 ; 0,1866>	104,91
849	0,1391	<0,1355 ; 0,1427>	119,92
959	0,1401	<0,1357 ; 0,1445>	136,11
1072	0,1286	<0,1232 ; 0,1340>	153,02
1190	0,1182	<0,1132 ; 0,1233>	171,00
1237	0,1411	<0,1322 ; 0,1498>	178,20

Tab. 18 Výsledné hodnoty zákrutu, Youngovho modulu, koeficientu zákrutu pre 25 tex priadzu

Z [m <sup>-1</sup> ]	E <sub>p</sub> [N/mm]	E <sub>p</sub> [N/mm] 95%-ný konfidenčný interval	α [m <sup>-1</sup> ktex <sup>1/2</sup> ]
589	0,1438	<0,1419 ; 0,1458>	94,07
692	0,1673	<0,1647 ; 0,1698>	110,84
796	0,1668	<0,1623 ; 0,1712>	127,93
907	0,1584	<0,1558 ; 0,1610>	146,65
1023	0,1237	<0,1202 ; 0,1272>	166,61
1143	0,1139	<0,1121 ; 0,1158>	187,60



Obr.14 Závislosť Youngovho modulu na koeficiente zákrutu

## 2.5.2 ANALÝZA EXPERIMENTÁLNYCH VÝSLEDKOV

Závislosť hodnôt Youngovho modulu na zákrutoch a koeficiente zákrutu sa prejavuje neusporiadane v danom experimente. Nepodarilo sa nájsť súvislosti ani po pridaní lineárnej spojnice bodov jednotlivých priadzí. Youngov modul sa prejavuje nezávisle na zákrutoch  $Z [m^{-1}]$ .

## 2.6 Stanovenie kritických koeficientov zákrutov z experimentálne zistených údajov

Vstupné údaje na výpočet kritického koeficientu zákrutu  $\alpha_k [m^{-1} \text{ktex}^{1/2}]$  sa vybrali z tab 7, 8, 9, pre každú jemnosť priadze osobitne. Išlo o hodnoty pomernej pevnosti  $R [N/\text{tex}]$  a Kőchlinovho koeficientu zákrutu  $\alpha$ . Tie sa potom preniesli do programu QCexpert, kde lineárnou regresiou sa určili regresné krivky polynómu druhého a štvrtého stupňa, uvedené v prílohe č. 4. Z programu QCexpert sa získali rovnice polynómu druhého a štvrtého stupňa. Numerickými metódami sa následne zisťovali

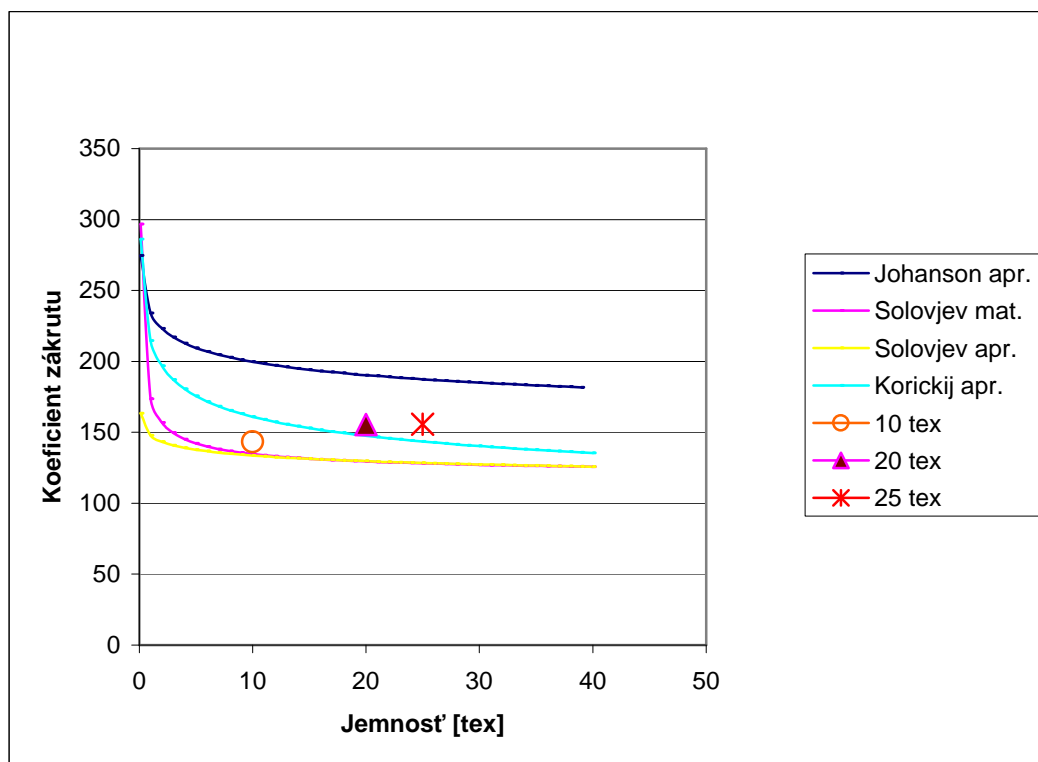
extrémne hodnoty funkcií [17]. Zo zistených hodnôt sa metódou polovičného delenia v Exceli určili maximá funkcie, ktoré zodpovedajú kritickému koeficientu zákrutu  $\alpha_k$  [ $\text{m}^{-1}\text{ktex}^{1/2}$ ]. Uvedené sú tiež hranice tolerancie, v ktorých sa môže kritický koeficient zákrutu nachádzať. Hranice intervalov sa získali ako x-ové súradnice priesečníkov regresnej krivky a priamky rovnobežnej s osou x a prechádzajúcej hodnotou 0,97 pomernej pevnosti na osi y. Tieto hodnoty sú uvedené v tab.19.

Tab.19 Výsledné hodnoty kritického koeficientu zákrutu

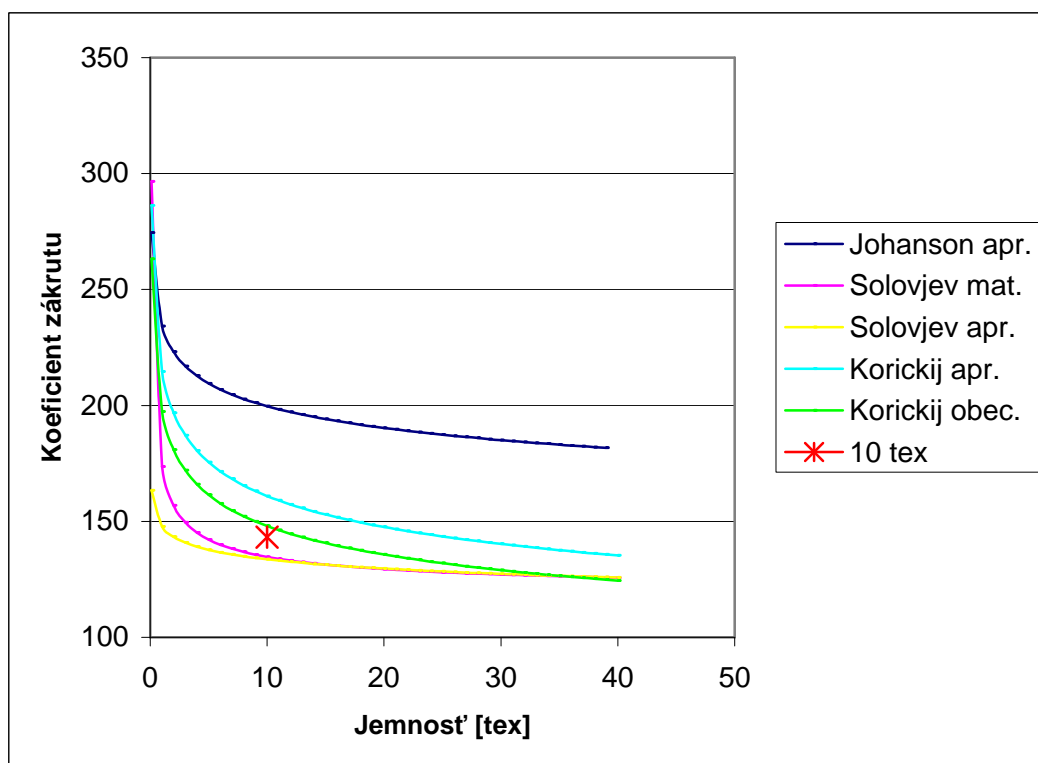
JEMNOSŤ PRIADZE T [tex]	KRITICKÝ KOEFICIENT ZÁKRUTU $\alpha_k$ [ $\text{m}^{-1}\text{ktex}^{1/2}$ ]
10 [tex]	<b>143,24</b> <125,06; 160,53>
20 [tex]	<b>155,39</b> <135,94; 174,85>
25 [tex]	<b>155,70</b> <134,21; 177,18>

### 2.6.1 KOMPARÁCIA EXPERIMENTÁLNE STANOVENÝCH KRITICKÝCH KOEFICIENTOV ZÁKRUTU S VÝRAZMI PODĽA RÔZNÝCH AUTOROV

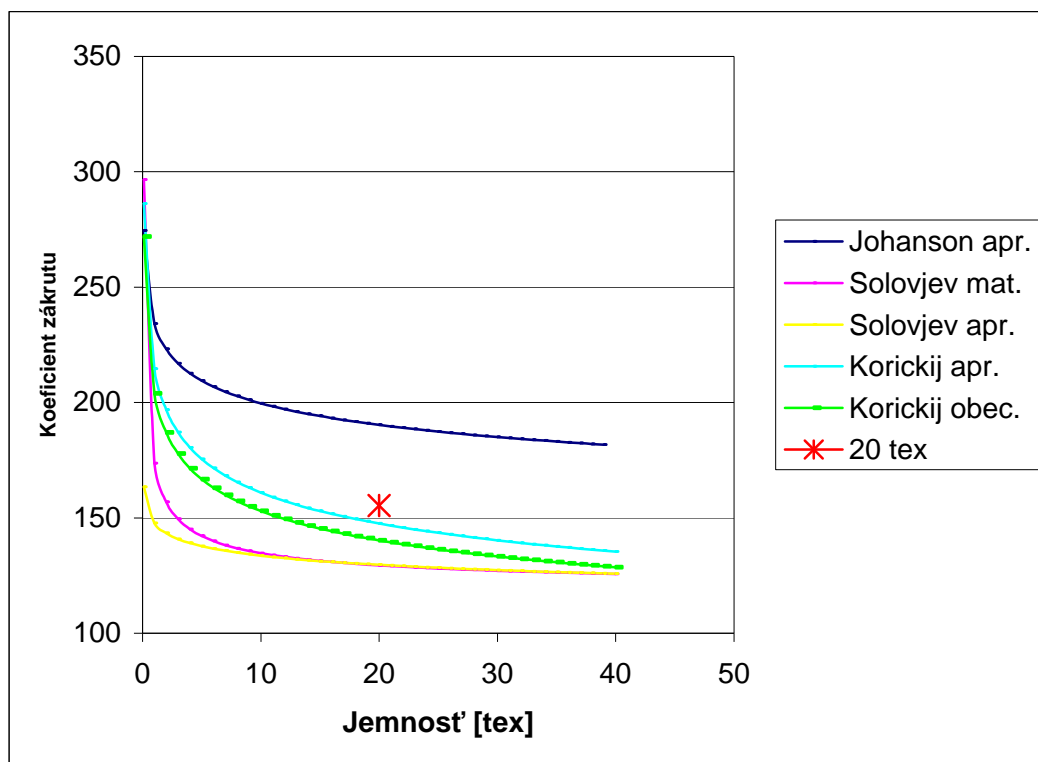
Experimentálne stanovené hodnoty kritických koeficientov zákrutu  $\alpha_k$  [ $\text{m}^{-1}\text{ktex}^{1/2}$ ] bavlnených priadzí sa porovnávali s údajmi koeficientov zákrutov vypočítaných podľa jednotlivých autorov (22 až 26). Zaujímavý je vzťah medzi jemnosťou priadze  $T$  [tex] a kritickým koeficientom zákrutu  $\alpha_k$ . Tieto súvislosti sú znázornené na obrázkoch 15, 16, 17, 18.



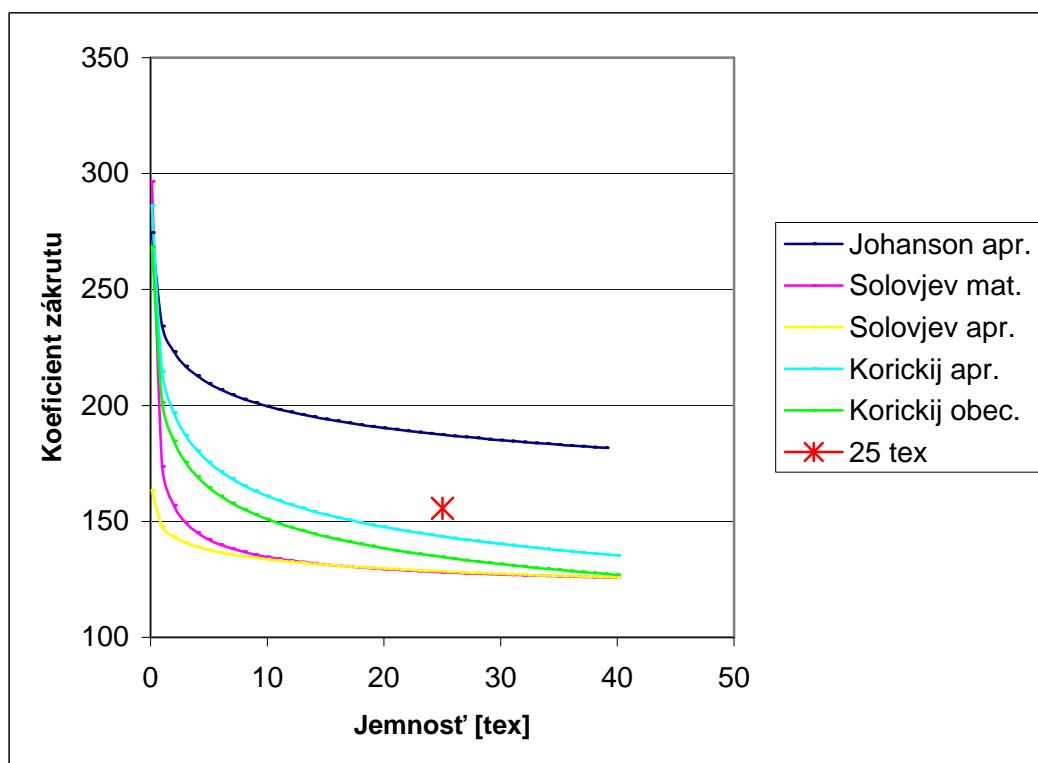
Obr. 15 Porovnanie experimentálneho kritického koeficientu zákrutu s koeficientami zákrutov podľa rôznych autorov



Obr. 16 Porovnanie experimentálneho kritického koeficientu zákrutu s koeficientami zákrutov podľa rôznych autorov pri priadzi 10tex



Obr.17 Porovnanie experimentálneho kritického koeficientu zákrutu s koeficientami zákrutov podľa rôznych autorov pri priadzi 20tex



Obr.18 Porovnanie experimentálneho kritického koeficientu zákrutu s koeficientami zákrutov podľa rôznych autorov pri priadzi 25tex

## 2.6.2 DISKÚSIA K VÝSLEDNÝM KRITICKÝM KOEFICIENTOM ZÁKRUTU

Experimentálny kritický koeficient zákrutu  $\alpha_k$  pri priadzi s jemnosťou 10 tex sa približuje ku obecnému výrazu Korického a najvýraznejšie sa vzdialuje od Johansonovho aproximovaného výrazu.

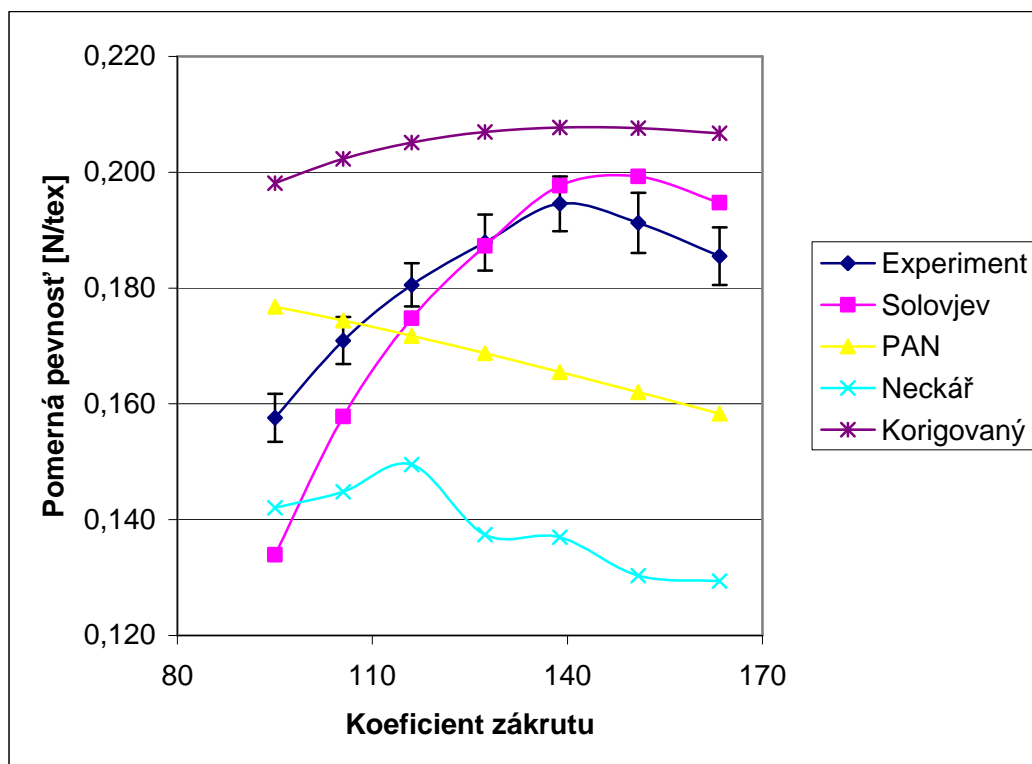
Pri porovnaní experimentálneho kritického koeficientu  $\alpha_k$  zákrutu priadze 20 tex s ostatnými kritickými koeficientami sa najlepšie v zobrazenej grafike prejavuje Korickij aproximovaný vzťah. Od experimentálneho  $\alpha_k$  má vyššiu hodnotu len Johansonov aproximovaný výraz.

Experimentálny kritický koeficient zákrutu priadze s jemnosťou 25 tex má skoro identické postavenie v komparácii s ostatnými ako priadza s jemnosťou 20 tex.

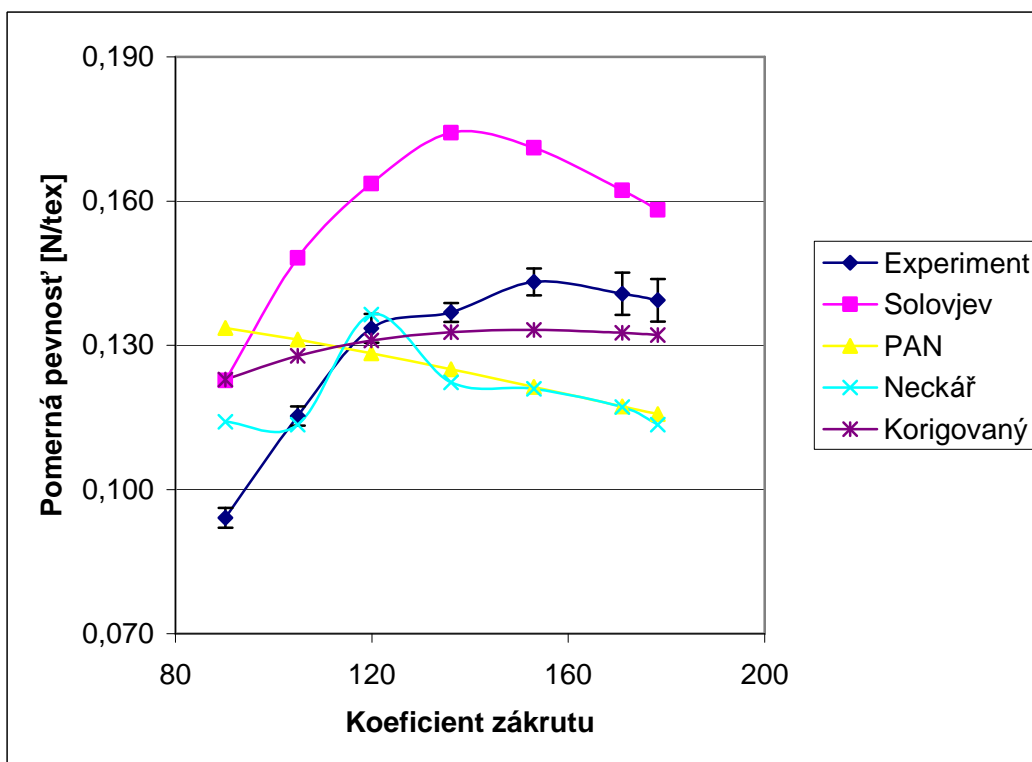
## 2.7 Výpočet modelov pevnosti jednokomponentných bavlnených priadzí

### 2.7.1 POROVNANIE VÝPOČÍTANÝCH MODELOV PEVNOSTI S EXPERIMENTÁLNE ZISTENÝMI HODNOTAMI

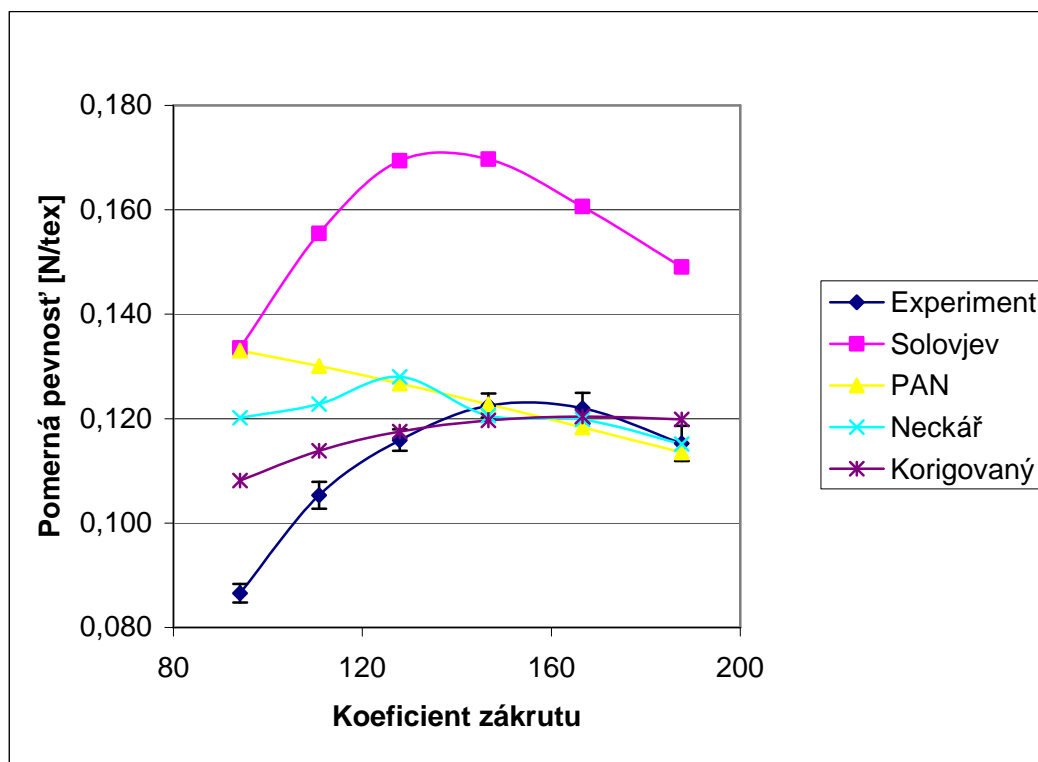
Údaje pomernej pevnosti  $R$  ba priadze zistené experimentom sa porovnávali s vypočítanými hodnotami autorov Solovjeva, Neckára, Pana a metódy korigovaného vzťahu v obrázkoch 19 až 21 a v prílohe č.3. Podrobná metodika výpočtu týchto vzťahov je uvedená v kap.1.3. Na výpočet pevnostných vzťahov podľa Pana sa používal program Matlab verzia 5.



Obr.19 Porovnanie pomernej pevnosti experimentu s vypočítanými hodnotami pomerných pevností pri priadzi 10 tex



Obr.20 Porovnanie pomernej pevnosti experimentu s vypočítanými hodnotami pomerných pevností pri priadzi 20 tex



Obr.21 Porovnanie pomernej pevnosti experimentu s vypočítanými hodnotami pomerných pevností pri priadzi 25 tex

## 2.8.2 DISKÚSIA K VÝSLEDNÝM HODNOTÁM POMERNÝCH PEVNOSTÍ

Pri priadzi s jemnosťou 10 tex sa experimentálne zistené hodnoty pomernej pevnosti najviac približujú ku vypočítaným údajom podľa Solovjeva. Dobré výsledky v porovnaní s experimentom dosahujú aj hodnoty určené pomocou korigovaného vzťahu. Vypočítané hodnoty pomernej pevnosti podľa Neckára sú nižšie ako experimentom zistené údaje. Tento rozdiel sa najmarkantnejšie prejavuje pri rozkrucovaní priadze. Hodnoty zistené podľa Pana zachytávajú trend v smere experimentu po jeho dosiahnutí kritického koeficientu zákrutu.

Porovnanie experimentálne zistených pomerných pevností pri priadzi s jemnosťou 20 tex s vypočítanými hodnotami, podľa rôznych modelov znázorňuje najväčší rozdiel medzi experimentom a Solovjevovým modelom. Z dvojice vzťahov podľa Pana a Neckára má lepšiu citlivosť s experimentom výpočet podľa Neckára. Ten zachytáva vývoj experimentálnej krivky v miestach základnej priadze a pri ubraní 100 ovinov skoro identicky. Hodnoty zistené korigovaným spôsobom majú vcelku



akceptovateľnú smerovú líniu s experimentom, to sa prejavuje hlavne pri zakrucovaní priadze.

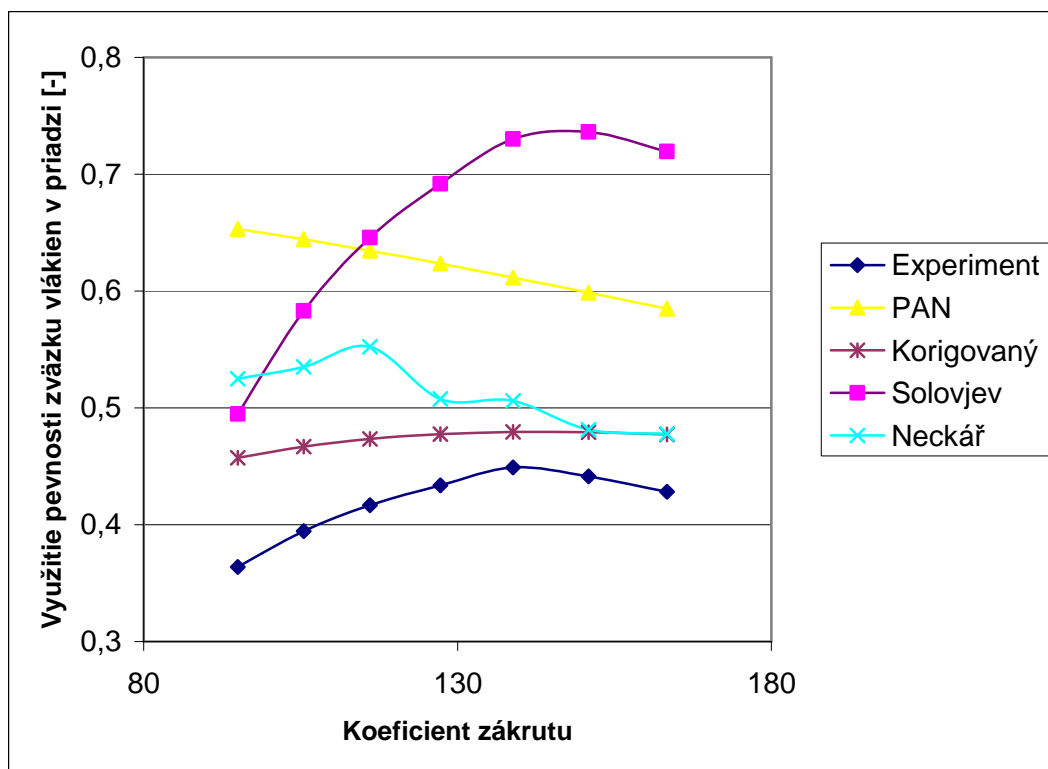
Najlepšie porovnanie experimentu s modelmi predikujúcimi pevnosť sa dosiahlo pri priadzach s jemnosťou 25 tex, až na výpočet podľa Solovjeva. Uspokojujúci vývoj s prakticky zistenými hodnotami dosahujú výpočtové vzťahy podľa Pana a Neckára pri zakrucovaní priadze. V týchto miestach sa výpočty podľa Pana a Neckára pohybujú v 95% - nom konfidenčnom intervale praktickej pomernej pevnosti, okrem jedného údaju výpočtu podľa Pana (200 pridaných ovinov). V miestach základnej priadze a zakrucovania, vynikajúce postavenie dosahujú výsledky pomernej pevnosti zistené pomocou vzťahu korigovaného, nachádzajú sa v 95% - nom konfidenčnom intervale experimentálnej pomernej pevnosti. Pri rozkrucovaní a základnej priadzi sa výpočtové údaje korigovaného vzťahu nestotožňujú v takej ideálnej podobe s experimentom ako pri zakrucovaní priadze. No v porovnaní s ostatnými modelmi sú najcitlivejšie k správaniu experimentálne zistených hodnôt pomernej pevnosti.

Parametre použité pri výpočtoch podľa Neckára nie sú presne nastavené na skúšané druhy priadzí. Výpočet podľa Solovjeva je naprojektovaný pre bavlnené mykané prstencové priadze.

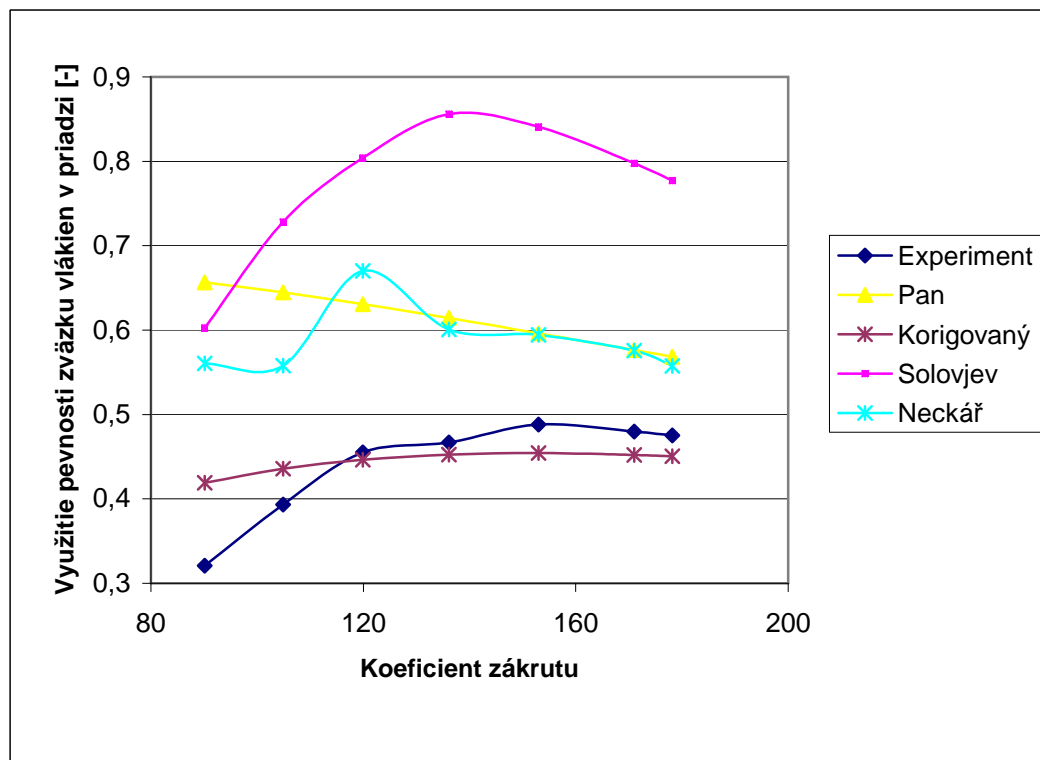
## **2.8 Využitie pevnosti zväzku vlákien v priadzi**

### **2.8.1 POROVNANIE VYUŽITIA PEVNOSTI ZVÄZKU VLÁKIEN V PRIADZI**

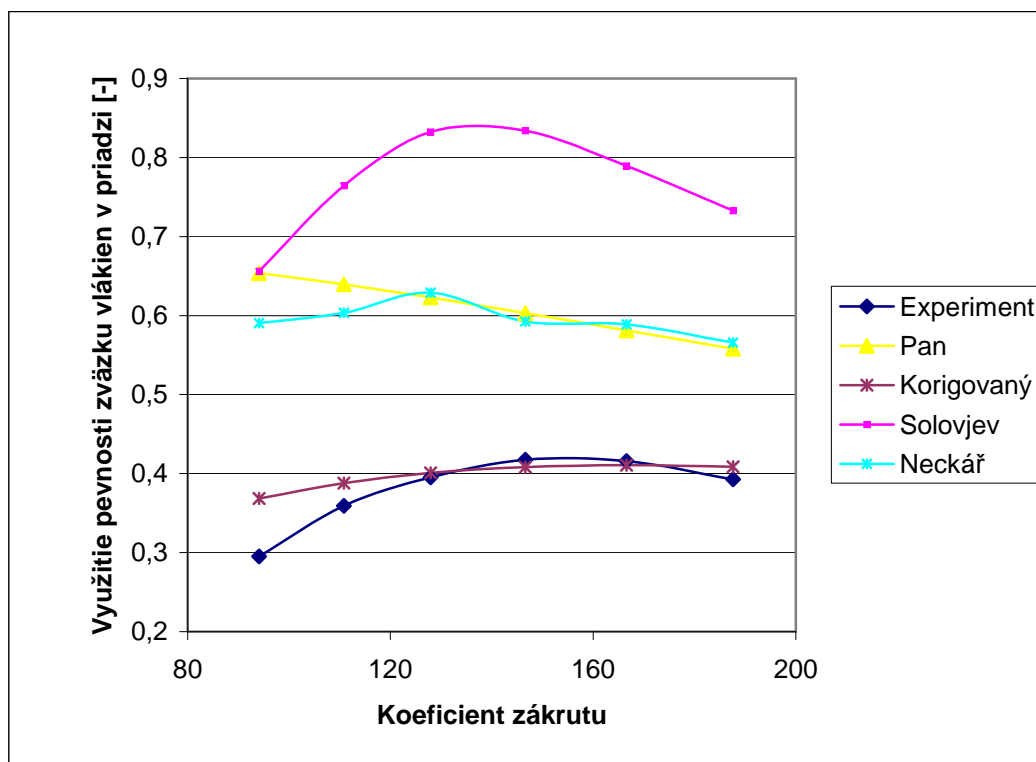
Podľa výpočtových vzťahov z kap.1.3 sa určilo využitie pevnosti zväzku vlákien v priadzi  $\phi_{sp}$  [-] pre experimentálne vzorky, ktoré sa komparovalo s hodnotami využitia pevnosti zväzku vlákien v priadzi podľa rôznych autorov. Graficky znázornené porovnanie medzi využitím zväzku vlákien experimentu, Pana, Solovjev, Neckára a korigovaným vzťahom pre jednotlivé jemnosti priadze sa nachádza na obr. 22-24. Číselné porovnanie dosiahnutých výsledkov je v prílohe č.5.



Obr.22 Porovnanie využitia pevnosti zväzku vlákien v priadzi pre jemnosť 10 tex



Obr.23 Porovnanie využitia pevnosti zväzku vlákien v priadzi pre jemnosť 20 tex



Obr.24 Porovnanie využitia pevnosti zväzku vlákien v priadzi pre jemnosť 25 tex

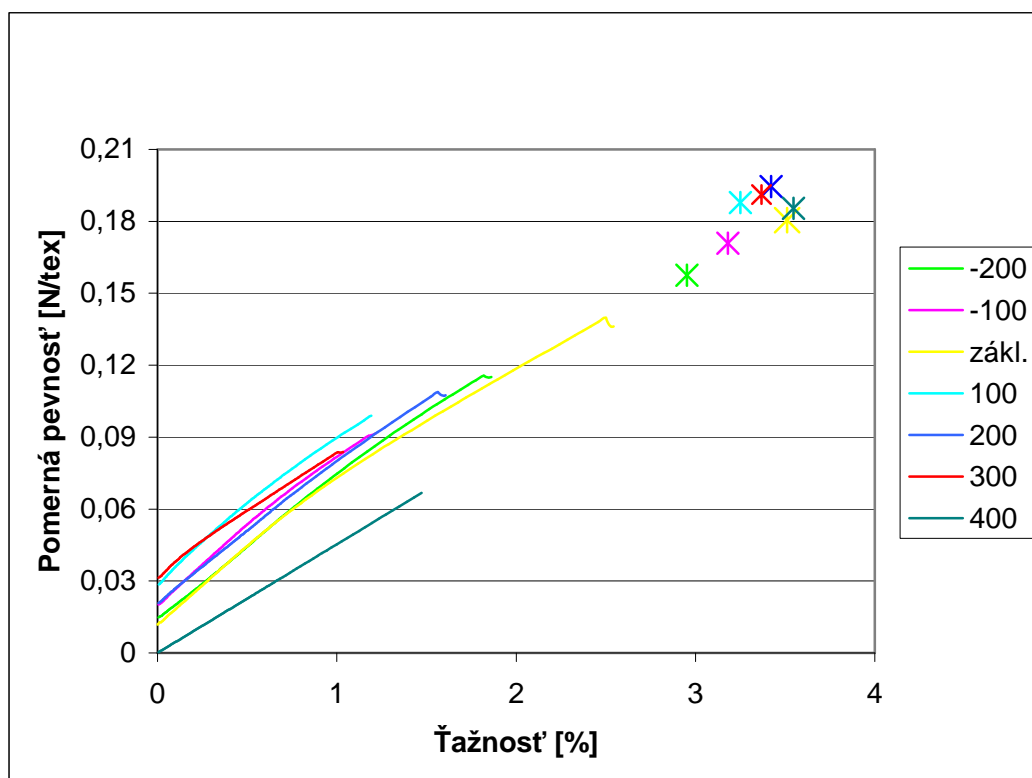
### 2.8.2 DISKÚSIA K DOSIAHNUTÝM VÝSLEDKOM VYUŽITIA PEVNOSTI ZVÄZKU VLÁKIEN V PRIADZI

Pri priadzach všetkých jemností sa k hodnotám využitia pevnosti zväzku vlákien v priadzi experimentu najviac približujú vypočítané hodnoty podľa korigovaného vzťahu. Prejavuje sa to hlavne pri priadzi s jemnosťou 25 tex. Menej dokonalé reflektovanie spoločných znakov je možné pozorovať medzi experimentom a hodnotami využitia pevnosti zväzku vlákien v priadzi podľa Neckára. Údaje využitia pevnosti zväzku vlákien v priadzi zistené podľa Pana dosahujú najväčšie priblíženie k experimentu pri zakrucovaní priadze. Najväčšie odchylky od experimentu sa prejavujú u hodnôt dosiahnutých podľa Solovjeva.

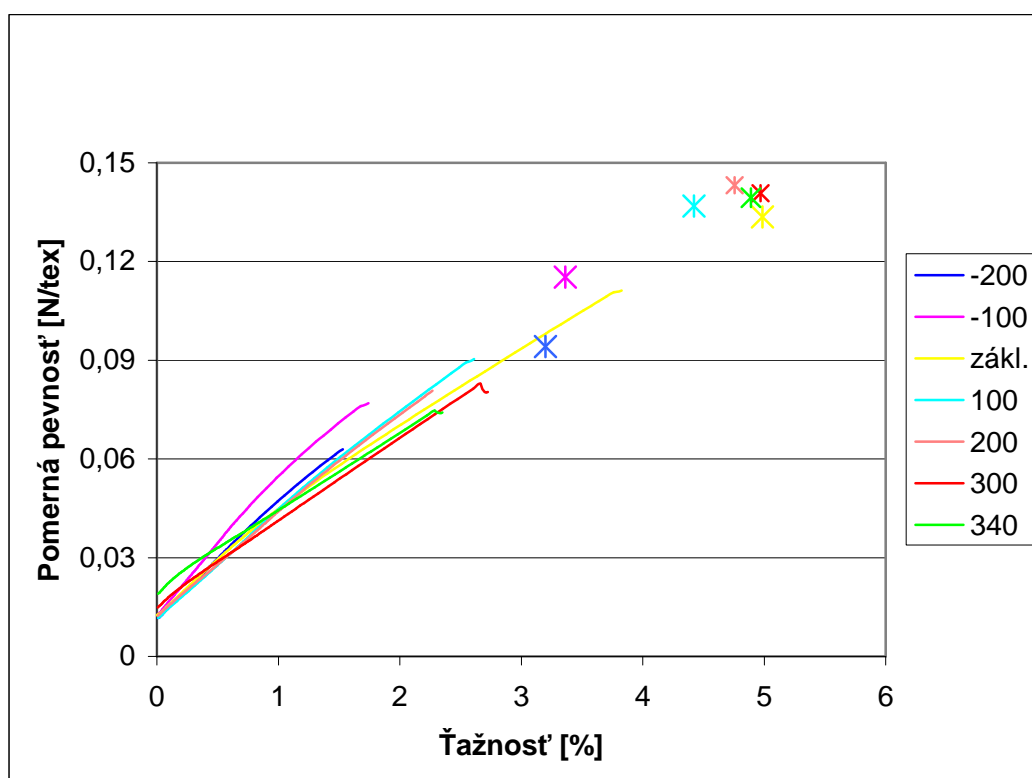
## 2.9 Priemerné ťahové krivky

### 2.9.1 ZHOTOVENIE PRIEMERNÝCH ŤAHOVÝCH KRIVIEK

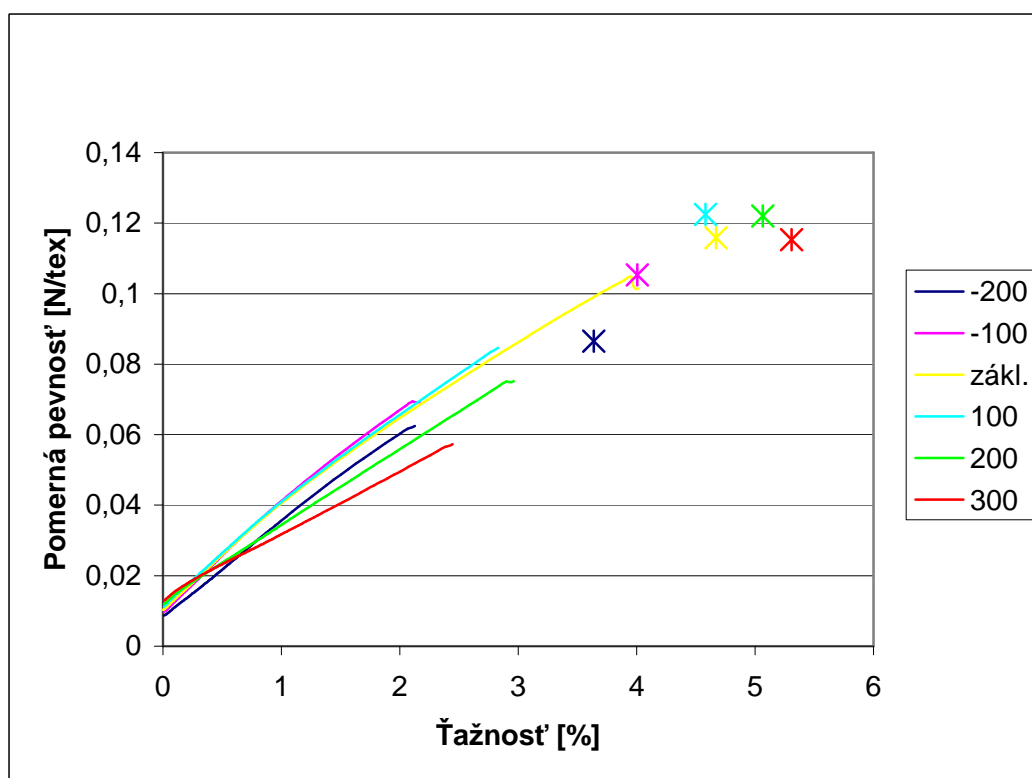
Priemerné ťahové krivky na obr. 25 až 27 sa konštruovali podľa postupu v kapitole 1.2.4 zo získaných údajov z trhacieho prístroja. Išlo o pomerné predĺženie [mm] a pevnosť v [N]. Z nich sa za pomoci vzťahov (3) a (4) určila pomerná pevnosť [N/tex] a ťažnosť [%]. Grafická závislosť ťažnosti a pomernej pevnosti sa zaznamenávala do grafov podľa jednotlivých jemností priadzí, ktoré boli vyhotovené v Exceli. V nich bola bodovo zachytená aj závislosť výsledných hodnôt pomernej pevnosti pri pretrhnutí a ťažnosti. Ich údaje sa nachádzajú v tabuľkách 7 až 12.



Obr. 25 Priemerné ťahové krivky pri priadzi jemnosti 10 tex



Obr.26 Priemerné ťahové krivky pri priadzi jemnosti 20 tex



Obr.27 Priemerné ťahové krivky pri priadzi jemnosti 25 tex

## 2.9.2 DISKÚSIA K VÝSLEDKOM PRIEMERNÝCH ŤAHOVÝCH KRIVIEK

Pri priebehu priemerných ťahových kriviek u priadzí s jemnosťou 10 tex, dosahuje najlepšie postavenie priadza s pridanými 200 ovinmi z hľadiska pomernej pevnosti a skoro najlepšie s ohľadom na ťažnosť. Dobré výsledky pomernej pevnosti a ťažnosti dosahujú aj priadze so 100 a 300 pridanými ovinmi. Najhoršie výsledky z hľadiska vyššie spomenutých kritérií dosahujú priadze so 100 a 200 ubranými ovinmi.

Počiatočná hodnota pomernej pevnosti je vyššia u priadzí s pridanými ovinmi okrem priadze so 400 pridanými ovinmi. Pre budúci výskum v danej oblasti by bolo zaujímavé zmeniť prístup k nastaveniu predpätia na trhacom prístoji.

Pri priadzach s jemnosťou 20 tex sa opäť potvrdzuje trend najhorších výsledkov pri uberaní ovinov. Pri pridávaní ovinov sa vytvára skupina s porovnateľnými výsledkami. Patrí do nej aj základná priadza. Najvyššiu pomernú pevnosť dosahuje priadza s 200 pridanými ovinmi.

Pri priadzach s jemnosťou 25 tex suverénne najhoršie postavenie z hľadiska pomernej pevnosti a ťažnosti dosahuje priadza s 200 ubranými ovinmi. Naopak najlepšie výsledky má priadza s 200 pridanými ovinmi aj keď jej krivka má rozdielny priebeh od základnej ťahovej krivky.

Pri porovnaní priebehu kriviek s pridanými 100 ovinmi a základnou priadzou pri všetkých jemnostiach je možné vypožorovať, že jej priebeh je nad základnou krivkou, no dosahuje vždy vyššiu pevnosť, ale nižšiu ťažnosť.

Celkovo možno konštatovať, že veľmi dobré výsledky pri priemerných ťahových krivkách dosahujú priadze s 200 a 300 pridanými ovinmi vo vzťahu k pomernej pevnosti a ťažnosti.

### 3. ZÁVER

Cieľom mojej diplomovej práce bolo sledovať pevnosť bavlnenej priadze v základnom stave a pri pridávaní a uberaní ovinov. Súbežne s pevnosťou bolo treba monitorovať aj stav vlastností, ktoré sú v určitom tesnejšom, resp. vzdialenejšom vzťahu s pevnosťou priadze. Vlastnosti bolo nutné pozorovať nielen priamo u priadze, ale aj u jednotlivých vlákien, zväzku vlákien, ktoré svojou reakciou pri zaťažovaní ovplyvňujú konečný stav vláknového produktu. Experimentálne zistené výsledky sa porovnávali s výpočtom so známymi modelmi, autormi vzťahov zameraných na pevnosť priadze, koeficientu zákrutu a využitia pevnosti zväzku vlákien v priadzi.

V práci sa dospelo k týmto výsledkom. Proces rozkrucovania priadzí hodnoty pomernej pevnosti, ťažnosti, energie potrebnej k pretrhnutiu znížil. Pri zakrucovaní vznikli po pridaní prvých ovinov nepredvídané reakcie, vyjadrené kolísavými hodnotami. Priadze po pridávaní ďalších ovinov sa začali správať v súlade s teoretickými hypotézami, t.j. do určitých hraníc sa pomerná pevnosť zvyšovala, dosiahli extrémne hodnoty pomernej pevnosti a v týchto miestach sa vypočítal kritický koeficient zákrutu. Tento efekt bol vyvolaný vplyvom medzivláknových mechanicko – fyzikálnych reakcií. Rastúci zákrut spôsobuje stlačenie a lepšie zovretie vlákien, čo má za následok zlepšenie súdržnosti vláknového materiálu. Vláknový materiál má potom predpoklady k vyššej odolnosti voči ťahovému namáhaniu. Daný stav trvá po dosiahnutí kritického koeficientu zákrutu. Kritický koeficient zákrutu bol experimentálne vyšetrený. Ďalej sa experimentom potvrdil teoretický predpoklad, že ďalšie pridávanie ovinov viedlo k znižovaniu pomernej pevnosti.

Komparáciou experimentálne zistených údajov s hodnotami vypočítaných modelov pevnosti a využitia pevnosti zväzku vlákien v priadzi sa zistilo, že najlepšiu citlivosť s experimentom v značnej miere dosahujú údaje podľa korigovaného vzťahu.

Prínos výpočtových pevnostných modelov pre prax bude vtedy splňať kritéria efektivity, ak ich reakcia na problematiku pevnostných pomerov priadze bude čo najpresnejšia a dosiahnutá najjednoduchšími výpočtovými postupmi. Snahou výroby je dosiahnuť optimálnu pevnosť priadze pri najnižšej hladine zákrutov. Zvýšený počet zákrutov sa prejavuje vyššími nákladmi na výrobu. K hľadaniu efektívneho riešenia projektovania textilných štruktúr sa priblížila aj moja práca.

## **ZOZNAM POUŽITEJ LITERATURY**

- [1] Neckář, B.: Příze. Tvorba. Struktura. Vlastnosti. SNTL Praha 1990.
- [2] Křemenáková, D.: Systém projektování textilních struktur. Část 1 “ vlákno – příze, Závěrečná zpráva. Výzkumné centrum Textil, Fakulta textilní, Technická univerzita v Liberci 2004.
- [3] Pan N.: Prediction of Statistical Strengths of Twisted Fiber Structures. J. Mater. Sci 28, 6107 (1993)
- [4] Militky, J.: Textilné vlákna, klasická a špeciálne. Liberec 2002
- [5] Ursíny, P. : Předání I. Liberec 2001
- [6] Kovačič J. : Zkoušení textilií. Liberec 2001
- [7] Neckář, B.: Morfológia a štruktúrná mechanika obecných vlákenných útvarů. Liberec 2001.
- [8] Simon, J. , Horáček, J. : Textilná technológia. ALFA Bratislava 1984.
- [9] Staněk, J. , Kubíčková, M. : Oděvní materiály. VŠST Liberec 1986.
- [10] Ursíny, P. : Spřádání bavlnářským způsobem I. Liberec 1985
- [11] Hanousek, J. , Charamza, P. : Moderní metody zpracování dat – matematická statistika pro každého. Praha 1992
- [12] Koucký, M. , Mačák, K. : Matematika v excelu. Liberec 2003
- [13] Neckář, B.: Prednášky, Štruktúra a vlastnosti textílií I. Liberec 2001
- [14] Marko, J.: Prednášky, Špeciálne výroby dĺžkových textílií. Liberec 2004
- [15] ČSN EN ISO 2062. Textílie – Níť na návinech- Zjišťování pevnosti a tažnosti jednotlivých nití při přetrhu
- [16] ČSN 80 0701. Zisťovanie zákrutov nití
- [17] Kohlmann, Č. : Matematika sdělovací techniky. Praha 1951
- [18] Zelinková, K.; Březina, M.: Ověřování metod pro predikci pevností přízí. TU v Liberci, Liberec.
- [19] Ursíny, P. : Teorie předání II. Liberec 1992
- [20] Marko, J.: Prednášky, Spriadanie vlnárskym spôsobom. Liberec 2004
- [21] Neckář, B. , Roček, V. ,Voborová, J. : Chlupatost příze. Liberec 2000
- [22] Vozková, P. : Predikce pevnosti přízí – práce ke zkoušce Vybrané partie z teorie oboru. Liberec 2005
- [23] IN č.22-102-01/01. Průměr a chlupatost příze



## **ZOZNAM PRÍLOH**

**PRÍLOHA č.1 :** Výpočet výsledného zákrutu a dĺžky priadzí po rozkrutení, resp. dokrútení.

**PRÍLOHA č.2 :** Grafické znázornenie pomerného predĺženia, energie potrebnej na pretrhnutie a Youngovho modulu na zákrutoch.

**PRÍLOHA č.3 :** Grafické a číselné porovnanie vypočítaných pomerných pevností s experimentom.

**PRÍLOHA č.4 :** Regresné krivky priadzí.

**PRÍLOHA č.5 :** Výpočtové porovnanie využitia zväzku vlákien v priadzí

**Príloha č. 1 :**

Tab.1 Výpočet výsledného zákrutu pri priadzi 10 tex, ubraných 200 ovinov

n	O <sub>2</sub> [-]	$\Delta l_2$ [m]	$\delta_2$ [-]	$l_2$ [m]	Z <sub>2</sub> [1/m]	Z <sub>V</sub> [1/m]
1	130	0,0041	0,006308	0,6541	198,7464	948,0202
2	130	0,0041	0,006308	0,6541	198,7464	948,0202
3	130	0,0045	0,006923	0,6545	198,6249	947,4408
4	130	0,0046	0,007077	0,6546	198,5946	947,2961
5	130	0,0044	0,006769	0,6544	198,6553	947,5856
6	130	0,004	0,006154	0,654	198,7768	948,1651
7	130	0,0041	0,006308	0,6541	198,7464	948,0202
8	130	0,0047	0,007231	0,6547	198,5642	947,1514
9	130	0,0038	0,005846	0,6538	198,8376	948,4552
10	130	0,0042	0,006462	0,6542	198,716	947,8753
11	130	0,0039	0,006	0,6539	198,8072	948,3101
12	130	0,0041	0,006308	0,6541	198,7464	948,0202
13	130	0,0046	0,007077	0,6546	198,5946	947,2961
14	130	0,0047	0,007231	0,6547	198,5642	947,1514
15	130	0,0045	0,006923	0,6545	198,6249	947,4408
16	130	0,0041	0,006308	0,6541	198,7464	948,0202
17	130	0,0047	0,007231	0,6547	198,5642	947,1514
18	130	0,0047	0,007231	0,6547	198,5642	947,1514
19	130	0,0044	0,006769	0,6544	198,6553	947,5856
20	130	0,0045	0,006923	0,6545	198,6249	947,4408
21	130	0,0043	0,006615	0,6543	198,6856	947,7304
22	130	0,0044	0,006769	0,6544	198,6553	947,5856
23	130	0,0047	0,007231	0,6547	198,5642	947,1514
24	130	0,0049	0,007538	0,6549	198,5036	946,8621
25	130	0,0041	0,006308	0,6541	198,7464	948,0202
26	130	0,0042	0,006462	0,6542	198,716	947,8753
27	130	0,0042	0,006462	0,6542	198,716	947,8753
28	130	0,0042	0,006462	0,6542	198,716	947,8753
29	130	0,0043	0,006615	0,6543	198,6856	947,7304
30	130	0,0044	0,006769	0,6544	198,6553	947,5856
31	130	0,0047	0,007231	0,6547	198,5642	947,1514
32	130	0,0046	0,007077	0,6546	198,5946	947,2961
33	130	0,0039	0,006	0,6539	198,8072	948,3101
34	130	0,0042	0,006462	0,6542	198,716	947,8753
35	130	0,0043	0,006615	0,6543	198,6856	947,7304
36	130	0,0049	0,007538	0,6549	198,5036	946,8621
37	130	0,0051	0,007846	0,6551	198,443	946,573
38	130	0,0048	0,007385	0,6548	198,5339	947,0067
39	130	0,0049	0,007538	0,6549	198,5036	946,8621
40	130	0,0046	0,007077	0,6546	198,5946	947,2961
41	130	0,0046	0,007077	0,6546	198,5946	947,2961
42	130	0,0045	0,006923	0,6545	198,6249	947,4408
43	130	0,0044	0,006769	0,6544	198,6553	947,5856
44	130	0,0044	0,006769	0,6544	198,6553	947,5856
45	130	0,0043	0,006615	0,6543	198,6856	947,7304
46	130	0,0045	0,006923	0,6545	198,6249	947,4408
47	130	0,0047	0,007231	0,6547	198,5642	947,1514
48	130	0,0047	0,007231	0,6547	198,5642	947,1514
49	130	0,0046	0,007077	0,6546	198,5946	947,2961
50	130	0,0045	0,006923	0,6545	198,6249	947,4408
				Σ 32,7216		Σ 47376,97
				$l_2 = 0,65443$ [m]		$Z_V = 947,5394$ [1/m]

Tab.2 Výpočet výsledného zákrutu pri priadzi 10 tex, ubraných 100 ovinov

n	O <sub>2</sub> [-]	$\Delta l_2$ [m]	$\delta_2$ [-]	$l_2$ [m]	Z <sub>2</sub> [1/m]	Z <sub>V</sub> [1/m]
1	65	0,002	0,003077	0,652	99,69325	1050,767
2	65	0,0019	0,002923	0,6519	99,70854	1050,928
3	65	0,0028	0,004308	0,6528	99,57108	1049,479
4	65	0,0021	0,003231	0,6521	99,67796	1050,606
5	65	0,0021	0,003231	0,6521	99,67796	1050,606
6	65	0,0026	0,004	0,6526	99,60159	1049,801
7	65	0,0024	0,003692	0,6524	99,63213	1050,123
8	65	0,0022	0,003385	0,6522	99,66268	1050,445
9	65	0,002	0,003077	0,652	99,69325	1050,767
10	65	0,0022	0,003385	0,6522	99,66268	1050,445
11	65	0,0019	0,002923	0,6519	99,70854	1050,928
12	65	0,002	0,003077	0,652	99,69325	1050,767
13	65	0,0021	0,003231	0,6521	99,67796	1050,606
14	65	0,0023	0,003538	0,6523	99,6474	1050,284
15	65	0,0024	0,003692	0,6524	99,63213	1050,123
16	65	0,0021	0,003231	0,6521	99,67796	1050,606
17	65	0,0019	0,002923	0,6519	99,70854	1050,928
18	65	0,0021	0,003231	0,6521	99,67796	1050,606
19	65	0,0021	0,003231	0,6521	99,67796	1050,606
20	65	0,0026	0,004	0,6526	99,60159	1049,801
21	65	0,0023	0,003538	0,6523	99,6474	1050,284
22	65	0,0023	0,003538	0,6523	99,6474	1050,284
23	65	0,0024	0,003692	0,6524	99,63213	1050,123
24	65	0,0023	0,003538	0,6523	99,6474	1050,284
25	65	0,0023	0,003538	0,6523	99,6474	1050,284
26	65	0,0026	0,004	0,6526	99,60159	1049,801
27	65	0,002	0,003077	0,652	99,69325	1050,767
28	65	0,0024	0,003692	0,6524	99,63213	1050,123
29	65	0,0022	0,003385	0,6522	99,66268	1050,445
30	65	0,0022	0,003385	0,6522	99,66268	1050,445
31	65	0,0022	0,003385	0,6522	99,66268	1050,445
32	65	0,0024	0,003692	0,6524	99,63213	1050,123
33	65	0,0025	0,003846	0,6525	99,61686	1049,962
34	65	0,0023	0,003538	0,6523	99,6474	1050,284
35	65	0,0019	0,002923	0,6519	99,70854	1050,928
36	65	0,0024	0,003692	0,6524	99,63213	1050,123
37	65	0,0024	0,003692	0,6524	99,63213	1050,123
38	65	0,0023	0,003538	0,6523	99,6474	1050,284
39	65	0,0027	0,004154	0,6527	99,58633	1049,64
40	65	0,0021	0,003231	0,6521	99,67796	1050,606
41	65	0,0027	0,004154	0,6527	99,58633	1049,64
42	65	0,002	0,003077	0,652	99,69325	1050,767
43	65	0,0021	0,003231	0,6521	99,67796	1050,606
44	65	0,0024	0,003692	0,6524	99,63213	1050,123
45	65	0,0022	0,003385	0,6522	99,66268	1050,445
46	65	0,0023	0,003538	0,6523	99,6474	1050,284
47	65	0,0024	0,003692	0,6524	99,63213	1050,123
48	65	0,0024	0,003692	0,6524	99,63213	1050,123
49	65	0,002	0,003077	0,652	99,69325	1050,767
50	65	0,0023	0,003538	0,6523	99,6474	1050,284
				$\Sigma 32,6128$		$\Sigma 52517,73$
				$l_2 = 0,65226[m]$		$Z_V = 1050,355[1/m]$

Tab.3 Výpočet výsledného zákrutu pri priadzi 10 tex, pridaných 100 ovinov

n	O <sub>2</sub> [-]	$\Delta l_2$ [m]	$\delta_2$ [-]	$l_2$ [m]	Z <sub>2</sub> [1/m]	Z <sub>V</sub> [1/m]
1	65	0,004	0,006154	0,646	100,6192	1261,765
2	65	0,0042	0,006462	0,6458	100,6504	1262,155
3	65	0,004	0,006154	0,646	100,6192	1261,765
4	65	0,0033	0,005077	0,6467	100,5103	1260,399
5	65	0,0034	0,005231	0,6466	100,5258	1260,594
6	65	0,0046	0,007077	0,6454	100,7127	1262,938
7	65	0,004	0,006154	0,646	100,6192	1261,765
8	65	0,0039	0,006	0,6461	100,6036	1261,569
9	65	0,004	0,006154	0,646	100,6192	1261,765
10	65	0,0038	0,005846	0,6462	100,5881	1261,374
11	65	0,0038	0,005846	0,6462	100,5881	1261,374
12	65	0,004	0,006154	0,646	100,6192	1261,765
13	65	0,004	0,006154	0,646	100,6192	1261,765
14	65	0,004	0,006154	0,646	100,6192	1261,765
15	65	0,0038	0,005846	0,6462	100,5881	1261,374
16	65	0,0037	0,005692	0,6463	100,5725	1261,179
17	65	0,0036	0,005538	0,6464	100,5569	1260,984
18	65	0,0038	0,005846	0,6462	100,5881	1261,374
19	65	0,0042	0,006462	0,6458	100,6504	1262,155
20	65	0,0041	0,006308	0,6459	100,6348	1261,96
21	65	0,004	0,006154	0,646	100,6192	1261,765
22	65	0,0045	0,006923	0,6455	100,6971	1262,742
23	65	0,0046	0,007077	0,6454	100,7127	1262,938
24	65	0,0043	0,006615	0,6457	100,6659	1262,351
25	65	0,0044	0,006769	0,6456	100,6815	1262,546
26	65	0,0036	0,005538	0,6464	100,5569	1260,984
27	65	0,0039	0,006	0,6461	100,6036	1261,569
28	65	0,0038	0,005846	0,6462	100,5881	1261,374
29	65	0,0037	0,005692	0,6463	100,5725	1261,179
30	65	0,004	0,006154	0,646	100,6192	1261,765
31	65	0,0041	0,006308	0,6459	100,6348	1261,96
32	65	0,0042	0,006462	0,6458	100,6504	1262,155
33	65	0,0044	0,006769	0,6456	100,6815	1262,546
34	65	0,0038	0,005846	0,6462	100,5881	1261,374
35	65	0,0039	0,006	0,6461	100,6036	1261,569
36	65	0,0043	0,006615	0,6457	100,6659	1262,351
37	65	0,0041	0,006308	0,6459	100,6348	1261,96
38	65	0,0042	0,006462	0,6458	100,6504	1262,155
39	65	0,0043	0,006615	0,6457	100,6659	1262,351
40	65	0,0046	0,007077	0,6454	100,7127	1262,938
41	65	0,0045	0,006923	0,6455	100,6971	1262,742
42	65	0,0042	0,006462	0,6458	100,6504	1262,155
43	65	0,0041	0,006308	0,6459	100,6348	1261,96
44	65	0,0045	0,006923	0,6455	100,6971	1262,742
45	65	0,0037	0,005692	0,6463	100,5725	1261,179
46	65	0,0044	0,006769	0,6456	100,6815	1262,546
47	65	0,0037	0,005692	0,6463	100,5725	1261,179
48	65	0,0045	0,006923	0,6455	100,6971	1262,742
49	65	0,0041	0,006308	0,6459	100,6348	1261,96
50	65	0,004	0,006154	0,646	100,6192	1261,765
				$\Sigma 32,2974$		$\Sigma 63093,33$
				$l_2 = 0,645948[m]$		$Z_V = 1261,867[1/m]$

Tab.4 Výpočet výsledného zákrutu pri priadzi 10 tex, pridaných 200 ovinov

n	O <sub>2</sub> [-]	$\Delta l_2$ [m]	$\delta_2$ [-]	$l_2$ [m]	Z <sub>2</sub> [1/m]	Z <sub>V</sub> [1/m]
1	130	0,0087	0,013385	0,6413	202,7132	1372,369
2	130	0,0084	0,012923	0,6416	202,6185	1371,727
3	130	0,0081	0,012462	0,6419	202,5238	1371,086
4	130	0,0082	0,012615	0,6418	202,5553	1371,299
5	130	0,0087	0,013385	0,6413	202,7132	1372,369
6	130	0,0089	0,013692	0,6411	202,7765	1372,797
7	130	0,0088	0,013538	0,6412	202,7449	1372,583
8	130	0,0082	0,012615	0,6418	202,5553	1371,299
9	130	0,0082	0,012615	0,6418	202,5553	1371,299
10	130	0,008	0,012308	0,642	202,4922	1370,872
11	130	0,0079	0,012154	0,6421	202,4607	1370,659
12	130	0,0081	0,012462	0,6419	202,5238	1371,086
13	130	0,0083	0,012769	0,6417	202,5869	1371,513
14	130	0,0084	0,012923	0,6416	202,6185	1371,727
15	130	0,0085	0,013077	0,6415	202,65	1371,941
16	130	0,0086	0,013231	0,6414	202,6816	1372,155
17	130	0,0083	0,012769	0,6417	202,5869	1371,513
18	130	0,0082	0,012615	0,6418	202,5553	1371,299
19	130	0,0083	0,012769	0,6417	202,5869	1371,513
20	130	0,0081	0,012462	0,6419	202,5238	1371,086
21	130	0,0081	0,012462	0,6419	202,5238	1371,086
22	130	0,0082	0,012615	0,6418	202,5553	1371,299
23	130	0,0083	0,012769	0,6417	202,5869	1371,513
24	130	0,0084	0,012923	0,6416	202,6185	1371,727
25	130	0,0085	0,013077	0,6415	202,65	1371,941
26	130	0,0086	0,013231	0,6414	202,6816	1372,155
27	130	0,0085	0,013077	0,6415	202,65	1371,941
28	130	0,0084	0,012923	0,6416	202,6185	1371,727
29	130	0,0085	0,013077	0,6415	202,65	1371,941
30	130	0,0081	0,012462	0,6419	202,5238	1371,086
31	130	0,0079	0,012154	0,6421	202,4607	1370,659
32	130	0,008	0,012308	0,642	202,4922	1370,872
33	130	0,0081	0,012462	0,6419	202,5238	1371,086
34	130	0,0082	0,012615	0,6418	202,5553	1371,299
35	130	0,0086	0,013231	0,6414	202,6816	1372,155
36	130	0,0085	0,013077	0,6415	202,65	1371,941
37	130	0,0087	0,013385	0,6413	202,7132	1372,369
38	130	0,0086	0,013231	0,6414	202,6816	1372,155
39	130	0,0086	0,013231	0,6414	202,6816	1372,155
40	130	0,0084	0,012923	0,6416	202,6185	1371,727
41	130	0,0083	0,012769	0,6417	202,5869	1371,513
42	130	0,0082	0,012615	0,6418	202,5553	1371,299
43	130	0,0083	0,012769	0,6417	202,5869	1371,513
44	130	0,0086	0,013231	0,6414	202,6816	1372,155
45	130	0,0087	0,013385	0,6413	202,7132	1372,369
46	130	0,0079	0,012154	0,6421	202,4607	1370,659
47	130	0,008	0,012308	0,642	202,4922	1370,872
48	130	0,0081	0,012462	0,6419	202,5238	1371,086
49	130	0,0084	0,012923	0,6416	202,6185	1371,727
50	130	0,008	0,012308	0,642	202,4922	1370,872
				Σ 32,0834		Σ 68579,09
				$l_2 = 0,64167$ [m]		$Z_V = 1371,583$ [1/m]

Tab.5 Výpočet výsledného zákrutu pri priadzi 10 tex, pridaných 300 ovinov

n	O <sub>2</sub> [-]	$\Delta l_2$ [m]	$\delta_2$ [-]	$l_2$ [m]	Z <sub>2</sub> [1/m]	Z <sub>V</sub> [1/m]
1	195	0,0139	0,021385	0,6361	306,5556	1485,773
2	195	0,0136	0,020923	0,6364	306,4111	1485,072
3	195	0,0129	0,019846	0,6371	306,0744	1483,441
4	195	0,0132	0,020308	0,6368	306,2186	1484,139
5	195	0,0139	0,021385	0,6361	306,5556	1485,773
6	195	0,0139	0,021385	0,6361	306,5556	1485,773
7	195	0,0139	0,021385	0,6361	306,5556	1485,773
8	195	0,0131	0,020154	0,6369	306,1705	1483,906
9	195	0,013	0,02	0,637	306,1224	1483,673
10	195	0,0131	0,020154	0,6369	306,1705	1483,906
11	195	0,0132	0,020308	0,6368	306,2186	1484,139
12	195	0,0133	0,020462	0,6367	306,2667	1484,373
13	195	0,0129	0,019846	0,6371	306,0744	1483,441
14	195	0,0137	0,021077	0,6363	306,4592	1485,306
15	195	0,0131	0,020154	0,6369	306,1705	1483,906
16	195	0,0134	0,020615	0,6366	306,3148	1484,606
17	195	0,0132	0,020308	0,6368	306,2186	1484,139
18	195	0,0129	0,019846	0,6371	306,0744	1483,441
19	195	0,0128	0,019692	0,6372	306,0264	1483,208
20	195	0,0131	0,020154	0,6369	306,1705	1483,906
21	195	0,0132	0,020308	0,6368	306,2186	1484,139
22	195	0,0133	0,020462	0,6367	306,2667	1484,373
23	195	0,0134	0,020615	0,6366	306,3148	1484,606
24	195	0,0136	0,020923	0,6364	306,4111	1485,072
25	195	0,0134	0,020615	0,6366	306,3148	1484,606
26	195	0,0136	0,020923	0,6364	306,4111	1485,072
27	195	0,0137	0,021077	0,6363	306,4592	1485,306
28	195	0,0138	0,021231	0,6362	306,5074	1485,539
29	195	0,0136	0,020923	0,6364	306,4111	1485,072
30	195	0,0135	0,020769	0,6365	306,3629	1484,839
31	195	0,0136	0,020923	0,6364	306,4111	1485,072
32	195	0,0135	0,020769	0,6365	306,3629	1484,839
33	195	0,0132	0,020308	0,6368	306,2186	1484,139
34	195	0,0131	0,020154	0,6369	306,1705	1483,906
35	195	0,0132	0,020308	0,6368	306,2186	1484,139
36	195	0,0129	0,019846	0,6371	306,0744	1483,441
37	195	0,0131	0,020154	0,6369	306,1705	1483,906
38	195	0,0132	0,020308	0,6368	306,2186	1484,139
39	195	0,0133	0,020462	0,6367	306,2667	1484,373
40	195	0,0134	0,020615	0,6366	306,3148	1484,606
41	195	0,0139	0,021385	0,6361	306,5556	1485,773
42	195	0,0136	0,020923	0,6364	306,4111	1485,072
43	195	0,0137	0,021077	0,6363	306,4592	1485,306
44	195	0,0137	0,021077	0,6363	306,4592	1485,306
45	195	0,0136	0,020923	0,6364	306,4111	1485,072
46	195	0,0135	0,020769	0,6365	306,3629	1484,839
47	195	0,0134	0,020615	0,6366	306,3148	1484,606
48	195	0,0134	0,020615	0,6366	306,3148	1484,606
49	195	0,0133	0,020462	0,6367	306,2667	1484,373
50	195	0,0136	0,020923	0,6364	306,4111	1485,072
				Σ 31,8306		Σ 74228,9
				$l_2 = 0,6366[m]$		$Z_V = 1484,578[1/m]$

Tab.6 Výpočet výsledného zákrutu pri priadzi 10 tex, pridanych 400 ovinov

n	O <sub>2</sub> [-]	$\Delta l_2$ [m]	$\delta_2$ [-]	$l_2$ [m]	Z <sub>2</sub> [1/m]	Z <sub>V</sub> [1/m]
1	260	0,0195	0,03	0,6305	412,3711	1602,062
2	260	0,0191	0,029385	0,6309	412,1097	1601,046
3	260	0,0191	0,029385	0,6309	412,1097	1601,046
4	260	0,0186	0,028615	0,6314	411,7833	1599,778
5	260	0,0193	0,029692	0,6307	412,2404	1601,554
6	260	0,0197	0,030308	0,6303	412,502	1602,57
7	260	0,0198	0,030462	0,6302	412,5674	1602,825
8	260	0,0197	0,030308	0,6303	412,502	1602,57
9	260	0,0183	0,028154	0,6317	411,5878	1599,019
10	260	0,0182	0,028	0,6318	411,5226	1598,765
11	260	0,0194	0,029846	0,6306	412,3057	1601,808
12	260	0,0191	0,029385	0,6309	412,1097	1601,046
13	260	0,0185	0,028462	0,6315	411,7181	1599,525
14	260	0,0187	0,028769	0,6313	411,8486	1600,032
15	260	0,0191	0,029385	0,6309	412,1097	1601,046
16	260	0,0187	0,028769	0,6313	411,8486	1600,032
17	260	0,0191	0,029385	0,6309	412,1097	1601,046
18	260	0,0192	0,029538	0,6308	412,175	1601,3
19	260	0,0193	0,029692	0,6307	412,2404	1601,554
20	260	0,0186	0,028615	0,6314	411,7833	1599,778
21	260	0,0185	0,028462	0,6315	411,7181	1599,525
22	260	0,0189	0,029077	0,6311	411,9791	1600,539
23	260	0,019	0,029231	0,631	412,0444	1600,792
24	260	0,0191	0,029385	0,6309	412,1097	1601,046
25	260	0,0192	0,029538	0,6308	412,175	1601,3
26	260	0,0186	0,028615	0,6314	411,7833	1599,778
27	260	0,0187	0,028769	0,6313	411,8486	1600,032
28	260	0,0187	0,028769	0,6313	411,8486	1600,032
29	260	0,019	0,029231	0,631	412,0444	1600,792
30	260	0,0193	0,029692	0,6307	412,2404	1601,554
31	260	0,0194	0,029846	0,6306	412,3057	1601,808
32	260	0,0191	0,029385	0,6309	412,1097	1601,046
33	260	0,0197	0,030308	0,6303	412,502	1602,57
34	260	0,0186	0,028615	0,6314	411,7833	1599,778
35	260	0,0184	0,028308	0,6316	411,6529	1599,272
36	260	0,0185	0,028462	0,6315	411,7181	1599,525
37	260	0,0183	0,028154	0,6317	411,5878	1599,019
38	260	0,0196	0,030154	0,6304	412,4365	1602,316
39	260	0,0195	0,03	0,6305	412,3711	1602,062
40	260	0,0197	0,030308	0,6303	412,502	1602,57
41	260	0,0188	0,028923	0,6312	411,9138	1600,285
42	260	0,0189	0,029077	0,6311	411,9791	1600,539
43	260	0,0186	0,028615	0,6314	411,7833	1599,778
44	260	0,0184	0,028308	0,6316	411,6529	1599,272
45	260	0,0182	0,028	0,6318	411,5226	1598,765
46	260	0,019	0,029231	0,631	412,0444	1600,792
47	260	0,0191	0,029385	0,6309	412,1097	1601,046
48	260	0,0192	0,029538	0,6308	412,175	1601,3
49	260	0,0196	0,030154	0,6304	412,4365	1602,316
				Σ 30,919		Σ 78437,848
				$l_2 = 0,631$ [m]		$Z_V = 1600,77$ [1/m]

Tab.7 Výpočet výsledného zákrutu pri priadzi 20 tex, ubraných 200 ovinov

n	O <sub>2</sub> [-]	$\Delta l_2$ [m]	$\delta_2$ [-]	$l_2$ [m]	Z <sub>2</sub> [1/m]	Z <sub>V</sub> [1/m]
1	130	0,008	0,012308	0,658	197,5684	641,1094
2	130	0,0081	0,012462	0,6581	197,5384	641,012
3	130	0,0082	0,012615	0,6582	197,5084	640,9146
4	130	0,0082	0,012615	0,6582	197,5084	640,9146
5	130	0,0077	0,011846	0,6577	197,6585	641,4019
6	130	0,0079	0,012154	0,6579	197,5984	641,2069
7	130	0,0069	0,010615	0,6569	197,8992	642,183
8	130	0,008	0,012308	0,658	197,5684	641,1094
9	130	0,0078	0,012	0,6578	197,6285	641,3043
10	130	0,0085	0,013077	0,6585	197,4184	640,6226
11	130	0,0078	0,012	0,6578	197,6285	641,3043
12	130	0,0073	0,011231	0,6573	197,7788	641,7922
13	130	0,0081	0,012462	0,6581	197,5384	641,012
14	130	0,0078	0,012	0,6578	197,6285	641,3043
15	130	0,008	0,012308	0,658	197,5684	641,1094
16	130	0,0085	0,013077	0,6585	197,4184	640,6226
17	130	0,0075	0,011538	0,6575	197,7186	641,597
18	130	0,0082	0,012615	0,6582	197,5084	640,9146
19	130	0,0082	0,012615	0,6582	197,5084	640,9146
20	130	0,0075	0,011538	0,6575	197,7186	641,597
21	130	0,0072	0,011077	0,6572	197,8089	641,8898
22	130	0,0078	0,012	0,6578	197,6285	641,3043
23	130	0,0067	0,010308	0,6567	197,9595	642,3786
24	130	0,0078	0,012	0,6578	197,6285	641,3043
25	130	0,0082	0,012615	0,6582	197,5084	640,9146
26	130	0,0068	0,010462	0,6568	197,9294	642,2808
27	130	0,0081	0,012462	0,6581	197,5384	641,012
28	130	0,0082	0,012615	0,6582	197,5084	640,9146
29	130	0,0073	0,011231	0,6573	197,7788	641,7922
30	130	0,008	0,012308	0,658	197,5684	641,1094
31	130	0,0073	0,011231	0,6573	197,7788	641,7922
32	130	0,008	0,012308	0,658	197,5684	641,1094
33	130	0,0081	0,012462	0,6581	197,5384	641,012
34	130	0,0081	0,012462	0,6581	197,5384	641,012
35	130	0,007	0,010769	0,657	197,8691	642,0852
36	130	0,0081	0,012462	0,6581	197,5384	641,012
37	130	0,0078	0,012	0,6578	197,6285	641,3043
38	130	0,0079	0,012154	0,6579	197,5984	641,2069
39	130	0,0073	0,011231	0,6573	197,7788	641,7922
40	130	0,0082	0,012615	0,6582	197,5084	640,9146
41	130	0,008	0,012308	0,658	197,5684	641,1094
42	130	0,0076	0,011692	0,6576	197,6886	641,4994
43	130	0,008	0,012308	0,658	197,5684	641,1094
44	130	0,008	0,012308	0,658	197,5684	641,1094
45	130	0,0072	0,011077	0,6572	197,8089	641,8898
46	130	0,008	0,012308	0,658	197,5684	641,1094
47	130	0,0083	0,012769	0,6583	197,4784	640,8173
48	130	0,0072	0,011077	0,6572	197,8089	641,8898
49	130	0,0078	0,012	0,6578	197,6285	641,3043
50	130	0,0078	0,012	0,6578	197,6285	641,3043
				Σ 32,89		Σ 32065,23
				$l_2 = 0,6578[m]$		$Z_V = 641,3046[1/m]$



Tab.8 Výpočet výsledného zákrutu pri priadzi 20 tex, ubraných 100 ovinov

n	O <sub>2</sub> [-]	$\Delta l_2$ [m]	$\delta_2$ [-]	$l_2$ [m]	Z <sub>2</sub> [1/m]	Z <sub>V</sub> [1/m]
1	65	0,004	0,006154	0,654	99,38838	744,419
2	65	0,0038	0,005846	0,6538	99,41878	744,6467
3	65	0,0034	0,005231	0,6534	99,47964	745,1025
4	65	0,0042	0,006462	0,6542	99,35799	744,1914
5	65	0,0043	0,006615	0,6543	99,34281	744,0776
6	65	0,0039	0,006	0,6539	99,40358	744,5328
7	65	0,0034	0,005231	0,6534	99,47964	745,1025
8	65	0,0039	0,006	0,6539	99,40358	744,5328
9	65	0,0043	0,006615	0,6543	99,34281	744,0776
10	65	0,004	0,006154	0,654	99,38838	744,419
11	65	0,004	0,006154	0,654	99,38838	744,419
12	65	0,0039	0,006	0,6539	99,40358	744,5328
13	65	0,0041	0,006308	0,6541	99,37318	744,3052
14	65	0,0045	0,006923	0,6545	99,31245	743,8503
15	65	0,0039	0,006	0,6539	99,40358	744,5328
16	65	0,0032	0,004923	0,6532	99,5101	745,3307
17	65	0,004	0,006154	0,654	99,38838	744,419
18	65	0,004	0,006154	0,654	99,38838	744,419
19	65	0,004	0,006154	0,654	99,38838	744,419
20	65	0,0037	0,005692	0,6537	99,43399	744,7606
21	65	0,0038	0,005846	0,6538	99,41878	744,6467
22	65	0,0042	0,006462	0,6542	99,35799	744,1914
23	65	0,004	0,006154	0,654	99,38838	744,419
24	65	0,0037	0,005692	0,6537	99,43399	744,7606
25	65	0,0042	0,006462	0,6542	99,35799	744,1914
26	65	0,0039	0,006	0,6539	99,40358	744,5328
27	65	0,0042	0,006462	0,6542	99,35799	744,1914
28	65	0,0042	0,006462	0,6542	99,35799	744,1914
29	65	0,0036	0,005538	0,6536	99,4492	744,8745
30	65	0,0043	0,006615	0,6543	99,34281	744,0776
31	65	0,004	0,006154	0,654	99,38838	744,419
32	65	0,0037	0,005692	0,6537	99,43399	744,7606
33	65	0,0044	0,006769	0,6544	99,32763	743,9639
34	65	0,0042	0,006462	0,6542	99,35799	744,1914
35	65	0,0038	0,005846	0,6538	99,41878	744,6467
36	65	0,0047	0,007231	0,6547	99,28211	743,623
37	65	0,004	0,006154	0,654	99,38838	744,419
38	65	0,0032	0,004923	0,6532	99,5101	745,3307
39	65	0,004	0,006154	0,654	99,38838	744,419
40	65	0,004	0,006154	0,654	99,38838	744,419
41	65	0,00425	0,006538	0,65425	99,3504	744,1345
42	65	0,0038	0,005846	0,6538	99,41878	744,6467
43	65	0,0038	0,005846	0,6538	99,41878	744,6467
44	65	0,004	0,006154	0,654	99,38838	744,419
45	65	0,0037	0,005692	0,6537	99,43399	744,7606
46	65	0,0041	0,006308	0,6541	99,37318	744,3052
47	65	0,0046	0,007077	0,6546	99,29728	743,7366
48	65	0,004	0,006154	0,654	99,38838	744,419
49	65	0,0038	0,005846	0,6538	99,41878	744,6467
50	65	0,004	0,006154	0,654	99,38838	744,419
				Σ 32,6986		Σ 372249
				$l_2 = 0,65397$ [m]		$Z_V = 744,4498$ [1/m]

Tab. 9 Výpočet výsledného zákrutu pri priadzi 20 tex, pridaných 100 ovinov

n	O <sub>2</sub> [-]	$\Delta l_2$ [m]	$\delta_2$ [-]	$l_2$ [m]	Z <sub>2</sub> [1/m]	Z <sub>V</sub> [1/m]
1	65	0,0058	0,008923	0,6442	100,9003	957,5442
2	65	0,006	0,009231	0,644	100,9317	957,8416
3	65	0,0063	0,009692	0,6437	100,9787	958,288
4	65	0,0063	0,009692	0,6437	100,9787	958,288
5	65	0,0061	0,009385	0,6439	100,9474	957,9904
6	65	0,0068	0,010462	0,6432	101,0572	959,033
7	65	0,0065	0,01	0,6435	101,0101	958,5859
8	65	0,0063	0,009692	0,6437	100,9787	958,288
9	65	0,0065	0,01	0,6435	101,0101	958,5859
10	65	0,006	0,009231	0,644	100,9317	957,8416
11	65	0,0065	0,01	0,6435	101,0101	958,5859
12	65	0,0065	0,01	0,6435	101,0101	958,5859
13	65	0,0063	0,009692	0,6437	100,9787	958,288
14	65	0,0061	0,009385	0,6439	100,9474	957,9904
15	65	0,0067	0,010308	0,6433	101,0415	958,8839
16	65	0,0058	0,008923	0,6442	100,9003	957,5442
17	65	0,0059	0,009077	0,6441	100,916	957,6929
18	65	0,0057	0,008769	0,6443	100,8847	957,3956
19	65	0,0064	0,009846	0,6436	100,9944	958,4369
20	65	0,0062	0,009538	0,6438	100,963	958,1392
21	65	0,006	0,009231	0,644	100,9317	957,8416
22	65	0,0055	0,008462	0,6445	100,8534	957,0985
23	65	0,0062	0,009538	0,6438	100,963	958,1392
24	65	0,0062	0,009538	0,6438	100,963	958,1392
25	65	0,0063	0,009692	0,6437	100,9787	958,288
26	65	0,0058	0,008923	0,6442	100,9003	957,5442
27	65	0,0058	0,008923	0,6442	100,9003	957,5442
28	65	0,0069	0,010615	0,6431	101,0729	959,1821
29	65	0,0058	0,008923	0,6442	100,9003	957,5442
30	65	0,0062	0,009538	0,6438	100,963	958,1392
31	65	0,006	0,009231	0,644	100,9317	957,8416
32	65	0,0054	0,008308	0,6446	100,8377	956,95
33	65	0,0059	0,009077	0,6441	100,916	957,6929
34	65	0,0061	0,009385	0,6439	100,9474	957,9904
35	65	0,0063	0,009692	0,6437	100,9787	958,288
36	65	0,0062	0,009538	0,6438	100,963	958,1392
37	65	0,006	0,009231	0,644	100,9317	957,8416
38	65	0,0061	0,009385	0,6439	100,9474	957,9904
39	65	0,0065	0,01	0,6435	101,0101	958,5859
40	65	0,0062	0,009538	0,6438	100,963	958,1392
41	65	0,006	0,009231	0,644	100,9317	957,8416
42	65	0,006	0,009231	0,644	100,9317	957,8416
43	65	0,0063	0,009692	0,6437	100,9787	958,288
44	65	0,0057	0,008769	0,6443	100,8847	957,3956
45	65	0,0063	0,009692	0,6437	100,9787	958,288
46	65	0,0058	0,008923	0,6442	100,9003	957,5442
47	65	0,0058	0,008923	0,6442	100,9003	957,5442
48	65	0,0062	0,009538	0,6438	100,963	958,1392
49	65	0,0065	0,01	0,6435	101,0101	958,5859
50	65	0,0072	0,011077	0,6428	101,1201	959,6297

51	65	0,0062	0,009538	0,6438	100,963	958,1392
52	65	0,0063	0,009692	0,6437	100,9787	958,288
53	65	0,006	0,009231	0,644	100,9317	957,8416
54	65	0,0064	0,009846	0,6436	100,9944	958,4369
55	65	0,0066	0,010154	0,6434	101,0258	958,7348
56	65	0,0062	0,009538	0,6438	100,963	958,1392
57	65	0,0069	0,010615	0,6431	101,0729	959,1821
58	65	0,0067	0,010308	0,6433	101,0415	958,8839
59	65	0,0065	0,01	0,6435	101,0101	958,5859
60	65	0,0062	0,009538	0,6438	100,963	958,1392
61	65	0,0068	0,010462	0,6432	101,0572	959,033
62	65	0,0063	0,009692	0,6437	100,9787	958,288
63	65	0,0065	0,01	0,6435	101,0101	958,5859
64	65	0,0061	0,009385	0,6439	100,9474	957,9904
65	65	0,0059	0,009077	0,6441	100,916	957,6929
66	65	0,0063	0,009692	0,6437	100,9787	958,288
67	65	0,0066	0,010154	0,6434	101,0258	958,7348
68	65	0,0065	0,01	0,6435	101,0101	958,5859
69	65	0,0067	0,010308	0,6433	101,0415	958,8839
70	65	0,0069	0,010615	0,6431	101,0729	959,1821
71	65	0,0068	0,010462	0,6432	101,0572	959,033
72	65	0,0064	0,009846	0,6436	100,9944	958,4369
73	65	0,0063	0,009692	0,6437	100,9787	958,288
74	65	0,0062	0,009538	0,6438	100,963	958,1392
75	65	0,0065	0,01	0,6435	101,0101	958,5859
76	65	0,0062	0,009538	0,6438	100,963	958,1392
77	65	0,0061	0,009385	0,6439	100,9474	957,9904
78	65	0,0065	0,01	0,6435	101,0101	958,5859
79	65	0,0067	0,010308	0,6433	101,0415	958,8839
80	65	0,0066	0,010154	0,6434	101,0258	958,7348
81	65	0,0064	0,009846	0,6436	100,9944	958,4369
82	65	0,0063	0,009692	0,6437	100,9787	958,288
83	65	0,0062	0,009538	0,6438	100,963	958,1392
84	65	0,0067	0,010308	0,6433	101,0415	958,8839
85	65	0,0066	0,010154	0,6434	101,0258	958,7348
86	65	0,006	0,009231	0,644	100,9317	957,8416
87	65	0,0063	0,009692	0,6437	100,9787	958,288
88	65	0,0067	0,010308	0,6433	101,0415	958,8839
89	65	0,0064	0,009846	0,6436	100,9944	958,4369
90	65	0,0062	0,009538	0,6438	100,963	958,1392
91	65	0,0061	0,009385	0,6439	100,9474	957,9904
92	65	0,0067	0,010308	0,6433	101,0415	958,8839
93	65	0,0068	0,010462	0,6432	101,0572	959,033
94	65	0,0068	0,010462	0,6432	101,0572	959,033
95	65	0,0069	0,010615	0,6431	101,0729	959,1821
96	65	0,0058	0,008923	0,6442	100,9003	957,5442
97	65	0,0067	0,010308	0,6433	101,0415	958,8839
98	65	0,006	0,009231	0,644	100,9317	957,8416
99	65	0,0058	0,008923	0,6442	100,9003	957,5442
100	65	0,0062	0,009538	0,6438	100,963	958,1392
				$\Sigma$ 64,3716		$\Sigma$ 95826,45
				$l_2 = 0,6437[m]$		$Z_V = 958,264[1/m]$

Tab.10 Výpočet výsledného zákrutu pri priadzi 20 tex, pridaných 200 ovinov

n	O <sub>2</sub> [-]	$\Delta l_2$ [m]	$\delta_2$ [-]	$l_2$ [m]	Z <sub>2</sub> [1/m]	Z <sub>V</sub> [1/m]
1	130	0,0141	0,021692	0,6359	204,4347	1072,26
2	130	0,0142	0,021846	0,6358	204,4668	1072,428
3	130	0,0143	0,022	0,6357	204,499	1072,597
4	130	0,0133	0,020462	0,6367	204,1778	1070,913
5	130	0,0137	0,021077	0,6363	204,3061	1071,586
6	130	0,0138	0,021231	0,6362	204,3383	1071,754
7	130	0,0142	0,021846	0,6358	204,4668	1072,428
8	130	0,0133	0,020462	0,6367	204,1778	1070,913
9	130	0,0149	0,022923	0,6351	204,6922	1073,61
10	130	0,0131	0,020154	0,6369	204,1137	1070,576
11	130	0,0132	0,020308	0,6368	204,1457	1070,744
12	130	0,0133	0,020462	0,6367	204,1778	1070,913
13	130	0,0143	0,022	0,6357	204,499	1072,597
14	130	0,0142	0,021846	0,6358	204,4668	1072,428
15	130	0,0142	0,021846	0,6358	204,4668	1072,428
16	130	0,0121	0,018615	0,6379	203,7937	1068,898
17	130	0,0138	0,021231	0,6362	204,3383	1071,754
18	130	0,0134	0,020615	0,6366	204,2099	1071,081
19	130	0,0141	0,021692	0,6359	204,4347	1072,26
20	130	0,0138	0,021231	0,6362	204,3383	1071,754
21	130	0,012	0,018462	0,638	203,7618	1068,73
22	130	0,0132	0,020308	0,6368	204,1457	1070,744
23	130	0,0129	0,019846	0,6371	204,0496	1070,24
24	130	0,0145	0,022308	0,6355	204,5633	1072,935
25	130	0,0132	0,020308	0,6368	204,1457	1070,744
26	130	0,0128	0,019692	0,6372	204,0176	1070,072
27	130	0,0137	0,021077	0,6363	204,3061	1071,586
28	130	0,014	0,021538	0,636	204,4025	1072,091
29	130	0,0147	0,022615	0,6353	204,6277	1073,272
30	130	0,0128	0,019692	0,6372	204,0176	1070,072
31	130	0,0132	0,020308	0,6368	204,1457	1070,744
32	130	0,0138	0,021231	0,6362	204,3383	1071,754
33	130	0,0129	0,019846	0,6371	204,0496	1070,24
34	130	0,0132	0,020308	0,6368	204,1457	1070,744
35	130	0,0131	0,020154	0,6369	204,1137	1070,576
36	130	0,0125	0,019231	0,6375	203,9216	1069,569
37	130	0,0143	0,022	0,6357	204,499	1072,597
38	130	0,0132	0,020308	0,6368	204,1457	1070,744
39	130	0,0134	0,020615	0,6366	204,2099	1071,081
40	130	0,0128	0,019692	0,6372	204,0176	1070,072
41	130	0,0137	0,021077	0,6363	204,3061	1071,586
42	130	0,0132	0,020308	0,6368	204,1457	1070,744
43	130	0,0125	0,019231	0,6375	203,9216	1069,569
44	130	0,0142	0,021846	0,6358	204,4668	1072,428
45	130	0,0142	0,021846	0,6358	204,4668	1072,428
46	130	0,0137	0,021077	0,6363	204,3061	1071,586
47	130	0,0141	0,021692	0,6359	204,4347	1072,26
48	130	0,0133	0,020462	0,6367	204,1778	1070,913
49	130	0,0143	0,022	0,6357	204,499	1072,597
50	130	0,0128	0,019692	0,6372	204,0176	1070,072
				Σ 31,8225		Σ 53566,72
				$l_2 = 0,63645$ [m]		$Z_V = 1071,334$ [1/m]

Tab.11 Výpočet výsledného zákrutu pri priadzi 20 tex, pridaných 300 ovinov

n	O <sub>2</sub> [-]	$\Delta l_2$ [m]	$\delta_2$ [-]	$l_2$ [m]	Z <sub>2</sub> [1/m]	Z <sub>V</sub> [1/m]
1	195	0,0228	0,035077	0,6272	310,9056	1190,768
2	195	0,024	0,036923	0,626	311,5016	1193,051
3	195	0,0233	0,035846	0,6267	311,1537	1191,719
4	195	0,0212	0,032615	0,6288	310,1145	1187,739
5	195	0,0213	0,032769	0,6287	310,1638	1187,927
6	195	0,0218	0,033538	0,6282	310,4107	1188,873
7	195	0,0213	0,032769	0,6287	310,1638	1187,927
8	195	0,0218	0,033538	0,6282	310,4107	1188,873
9	195	0,0241	0,037077	0,6259	311,5514	1193,242
10	195	0,0211	0,032462	0,6289	310,0652	1187,55
11	195	0,0222	0,034154	0,6278	310,6085	1189,63
12	195	0,0221	0,034	0,6279	310,559	1189,441
13	195	0,0208	0,032	0,6292	309,9174	1186,983
14	195	0,0227	0,034923	0,6273	310,856	1190,579
15	195	0,0209	0,032154	0,6291	309,9666	1187,172
16	195	0,0215	0,033077	0,6285	310,2625	1188,305
17	195	0,0214	0,032923	0,6286	310,2132	1188,116
18	195	0,0207	0,031846	0,6293	309,8681	1186,795
19	195	0,0242	0,037231	0,6258	311,6012	1193,432
20	195	0,0221	0,034	0,6279	310,559	1189,441
21	195	0,0215	0,033077	0,6285	310,2625	1188,305
22	195	0,0203	0,031231	0,6297	309,6713	1186,041
23	195	0,0212	0,032615	0,6288	310,1145	1187,739
24	195	0,0218	0,033538	0,6282	310,4107	1188,873
25	195	0,0248	0,038154	0,6252	311,9002	1194,578
26	195	0,0239	0,036769	0,6261	311,4518	1192,861
27	195	0,0229	0,035231	0,6271	310,9552	1190,958
28	195	0,0211	0,032462	0,6289	310,0652	1187,55
29	195	0,0225	0,034615	0,6275	310,757	1190,199
30	195	0,0226	0,034769	0,6274	310,8065	1190,389
31	195	0,0218	0,033538	0,6282	310,4107	1188,873
32	195	0,0232	0,035692	0,6268	311,104	1191,528
33	195	0,0218	0,033538	0,6282	310,4107	1188,873
34	195	0,0208	0,032	0,6292	309,9174	1186,983
35	195	0,02	0,030769	0,63	309,5238	1185,476
36	195	0,0218	0,033538	0,6282	310,4107	1188,873
37	195	0,0217	0,033385	0,6283	310,3613	1188,684
38	195	0,0215	0,033077	0,6285	310,2625	1188,305
39	195	0,0237	0,036462	0,6263	311,3524	1192,48
40	195	0,0216	0,033231	0,6284	310,3119	1188,495
41	195	0,0241	0,037077	0,6259	311,5514	1193,242
42	195	0,0205	0,031538	0,6295	309,7697	1186,418
43	195	0,0223	0,034308	0,6277	310,658	1189,82
44	195	0,0225	0,034615	0,6275	310,757	1190,199
45	195	0,02	0,030769	0,63	309,5238	1185,476
46	195	0,0198	0,030462	0,6302	309,4256	1185,1
47	195	0,0225	0,034615	0,6275	310,757	1190,199
48	195	0,0212	0,032615	0,6288	310,1145	1187,739
49	195	0,0228	0,035077	0,6272	310,9056	1190,768
50	195	0,0238	0,036615	0,6262	311,4021	1192,67
				Σ 31,3987		Σ 59465,26
				$l_2 = 0,62797$ [m]		$Z_V = 1189,305$ [1/m]

Tab. 12 Výpočet výsledného zákrutu pri priadzi 20 tex, pridaných 340 ovinov

n	O <sub>2</sub> [-]	$\Delta l_2$ [m]	$\delta_2$ [-]	$l_2$ [m]	Z <sub>2</sub> [1/m]	Z <sub>V</sub> [1/m]
1	221	0,0261	0,040154	0,6239	354,2234	1238,74
2	221	0,0251	0,038615	0,6249	353,6566	1236,758
3	221	0,0261	0,040154	0,6239	354,2234	1238,74
4	221	0,0265	0,040769	0,6235	354,4507	1239,535
5	221	0,0256	0,039385	0,6244	353,9398	1237,748
6	221	0,0238	0,036615	0,6262	352,9224	1234,19
7	221	0,0241	0,037077	0,6259	353,0915	1234,782
8	221	0,026	0,04	0,624	354,1667	1238,542
9	221	0,0243	0,037385	0,6257	353,2044	1235,177
10	221	0,0242	0,037231	0,6258	353,148	1234,979
11	221	0,0238	0,036615	0,6262	352,9224	1234,19
12	221	0,024	0,036923	0,626	353,0351	1234,585
13	221	0,024	0,036923	0,626	353,0351	1234,585
14	221	0,0242	0,037231	0,6258	353,148	1234,979
15	221	0,0251	0,038615	0,6249	353,6566	1236,758
16	221	0,0255	0,039231	0,6245	353,8831	1237,55
17	221	0,0242	0,037231	0,6258	353,148	1234,979
18	221	0,0241	0,037077	0,6259	353,0915	1234,782
19	221	0,0248	0,038154	0,6252	353,4869	1236,164
20	221	0,0237	0,036462	0,6263	352,866	1233,993
21	221	0,0237	0,036462	0,6263	352,866	1233,993
22	221	0,0237	0,036462	0,6263	352,866	1233,993
23	221	0,0265	0,040769	0,6235	354,4507	1239,535
24	221	0,0245	0,037692	0,6255	353,3173	1235,572
25	221	0,025	0,038462	0,625	353,6	1236,56
26	221	0,0249	0,038308	0,6251	353,5434	1236,362
27	221	0,0241	0,037077	0,6259	353,0915	1234,782
28	221	0,0245	0,037692	0,6255	353,3173	1235,572
29	221	0,024	0,036923	0,626	353,0351	1234,585
30	221	0,0262	0,040308	0,6238	354,2802	1238,939
31	221	0,0242	0,037231	0,6258	353,148	1234,979
32	221	0,0248	0,038154	0,6252	353,4869	1236,164
33	221	0,0248	0,038154	0,6252	353,4869	1236,164
34	221	0,0261	0,040154	0,6239	354,2234	1238,74
35	221	0,0259	0,039846	0,6241	354,1099	1238,343
36	221	0,0268	0,041231	0,6232	354,6213	1240,132
37	221	0,0269	0,041385	0,6231	354,6782	1240,331
38	221	0,0269	0,041385	0,6231	354,6782	1240,331
39	221	0,0249	0,038308	0,6251	353,5434	1236,362
40	221	0,0259	0,039846	0,6241	354,1099	1238,343
41	221	0,0241	0,037077	0,6259	353,0915	1234,782
42	221	0,0262	0,040308	0,6238	354,2802	1238,939
43	221	0,0261	0,040154	0,6239	354,2234	1238,74
44	221	0,0252	0,038769	0,6248	353,7132	1236,956
45	221	0,0268	0,041231	0,6232	354,6213	1240,132
46	221	0,0243	0,037385	0,6257	353,2044	1235,177
47	221	0,0269	0,041385	0,6231	354,6782	1240,331
48	221	0,026	0,04	0,624	354,1667	1238,542
49	221	0,0257	0,039538	0,6243	353,9965	1237,947
50	221	0,0261	0,040154	0,6239	354,2234	1238,74
				Σ 31,2431		Σ 61841,82
				$l_2 = 0,62486$ [m]		$Z_V = 1236,836$ [1/m]

Tab. 13 Výpočet výsledného zákrutu pri priadzi 25 tex, ubraných 200 ovinov

n	O <sub>2</sub> [-]	$\Delta l_2$ [m]	$\delta_2$ [-]	$l_2$ [m]	Z <sub>2</sub> [1/m]	Z <sub>V</sub> [1/m]
1	130	0,0085	0,013077	0,6585	197,4184	588,3068
2	130	0,0087	0,013385	0,6587	197,3584	588,1281
3	130	0,008	0,012308	0,658	197,5684	588,7538
4	130	0,0089	0,013692	0,6589	197,2985	587,9496
5	130	0,0082	0,012615	0,6582	197,5084	588,5749
6	130	0,0076	0,011692	0,6576	197,6886	589,1119
7	130	0,0078	0,012	0,6578	197,6285	588,9328
8	130	0,0083	0,012769	0,6583	197,4784	588,4855
9	130	0,008	0,012308	0,658	197,5684	588,7538
10	130	0,0081	0,012462	0,6581	197,5384	588,6643
11	130	0,0085	0,013077	0,6585	197,4184	588,3068
12	130	0,0082	0,012615	0,6582	197,5084	588,5749
13	130	0,0082	0,012615	0,6582	197,5084	588,5749
14	130	0,0087	0,013385	0,6587	197,3584	588,1281
15	130	0,0083	0,012769	0,6583	197,4784	588,4855
16	130	0,0082	0,012615	0,6582	197,5084	588,5749
17	130	0,0081	0,012462	0,6581	197,5384	588,6643
18	130	0,0085	0,013077	0,6585	197,4184	588,3068
19	130	0,0076	0,011692	0,6576	197,6886	589,1119
20	130	0,008	0,012308	0,658	197,5684	588,7538
21	130	0,0082	0,012615	0,6582	197,5084	588,5749
22	130	0,0082	0,012615	0,6582	197,5084	588,5749
23	130	0,0082	0,012615	0,6582	197,5084	588,5749
24	130	0,0085	0,013077	0,6585	197,4184	588,3068
25	130	0,0083	0,012769	0,6583	197,4784	588,4855
26	130	0,0079	0,012154	0,6579	197,5984	588,8433
27	130	0,0076	0,011692	0,6576	197,6886	589,1119
28	130	0,0078	0,012	0,6578	197,6285	588,9328
29	130	0,0081	0,012462	0,6581	197,5384	588,6643
30	130	0,0083	0,012769	0,6583	197,4784	588,4855
31	130	0,0077	0,011846	0,6577	197,6585	589,0224
32	130	0,0081	0,012462	0,6581	197,5384	588,6643
33	130	0,0083	0,012769	0,6583	197,4784	588,4855
34	130	0,008	0,012308	0,658	197,5684	588,7538
35	130	0,0081	0,012462	0,6581	197,5384	588,6643
36	130	0,0087	0,013385	0,6587	197,3584	588,1281
37	130	0,0087	0,013385	0,6587	197,3584	588,1281
38	130	0,0087	0,013385	0,6587	197,3584	588,1281
39	130	0,0085	0,013077	0,6585	197,4184	588,3068
40	130	0,008	0,012308	0,658	197,5684	588,7538
41	130	0,0082	0,012615	0,6582	197,5084	588,5749
42	130	0,008	0,012308	0,658	197,5684	588,7538
43	130	0,0085	0,013077	0,6585	197,4184	588,3068
44	130	0,0082	0,012615	0,6582	197,5084	588,5749
45	130	0,0082	0,012615	0,6582	197,5084	588,5749
46	130	0,0078	0,012	0,6578	197,6285	588,9328
47	130	0,0082	0,012615	0,6582	197,5084	588,5749
48	130	0,0078	0,012	0,6578	197,6285	588,9328
49	130	0,0076	0,011692	0,6576	197,6886	589,1119
50	130	0,0076	0,011692	0,6576	197,6886	589,1119
				Σ 32,9084		Σ 29930,18
				$l_2 = 0,65817$ [m]		$Z_V = 588,6036$ [1/m]

Tab. 14 Výpočet výsledného zákrutu pri priadzi 25 tex, ubraných 100 ovinov

n	O <sub>2</sub> [-]	$\Delta l_2$ [m]	$\delta_2$ [-]	$l_2$ [m]	Z <sub>2</sub> [1/m]	Z <sub>V</sub> [1/m]
1	65	0,0047	0,007231	0,6547	99,28211	691,0035
2	65	0,0043	0,006615	0,6543	99,34281	691,426
3	65	0,004	0,006154	0,654	99,38838	691,7431
4	65	0,0043	0,006615	0,6543	99,34281	691,426
5	65	0,0045	0,006923	0,6545	99,31245	691,2147
6	65	0,004	0,006154	0,654	99,38838	691,7431
7	65	0,0049	0,007538	0,6549	99,25179	690,7925
8	65	0,0043	0,006615	0,6543	99,34281	691,426
9	65	0,0048	0,007385	0,6548	99,26695	690,898
10	65	0,005	0,007692	0,655	99,23664	690,687
11	65	0,0045	0,006923	0,6545	99,31245	691,2147
12	65	0,0042	0,006462	0,6542	99,35799	691,5316
13	65	0,0049	0,007538	0,6549	99,25179	690,7925
14	65	0,0043	0,006615	0,6543	99,34281	691,426
15	65	0,005	0,007692	0,655	99,23664	690,687
16	65	0,0045	0,006923	0,6545	99,31245	691,2147
17	65	0,0037	0,005692	0,6537	99,43399	692,0606
18	65	0,0041	0,006308	0,6541	99,37318	691,6374
19	65	0,0041	0,006308	0,6541	99,37318	691,6374
20	65	0,005	0,007692	0,655	99,23664	690,687
21	65	0,005	0,007692	0,655	99,23664	690,687
22	65	0,0047	0,007231	0,6547	99,28211	691,0035
23	65	0,0046	0,007077	0,6546	99,29728	691,1091
24	65	0,0042	0,006462	0,6542	99,35799	691,5316
25	65	0,0043	0,006615	0,6543	99,34281	691,426
26	65	0,0042	0,006462	0,6542	99,35799	691,5316
27	65	0,0048	0,007385	0,6548	99,26695	690,898
28	65	0,005	0,007692	0,655	99,23664	690,687
29	65	0,0045	0,006923	0,6545	99,31245	691,2147
30	65	0,0041	0,006308	0,6541	99,37318	691,6374
31	65	0,005	0,007692	0,655	99,23664	690,687
32	65	0,0047	0,007231	0,6547	99,28211	691,0035
33	65	0,0048	0,007385	0,6548	99,26695	690,898
34	65	0,0047	0,007231	0,6547	99,28211	691,0035
35	65	0,0047	0,007231	0,6547	99,28211	691,0035
36	65	0,0048	0,007385	0,6548	99,26695	690,898
37	65	0,0047	0,007231	0,6547	99,28211	691,0035
38	65	0,0043	0,006615	0,6543	99,34281	691,426
39	65	0,0041	0,006308	0,6541	99,37318	691,6374
40	65	0,0042	0,006462	0,6542	99,35799	691,5316
41	65	0,0041	0,006308	0,6541	99,37318	691,6374
42	65	0,0047	0,007231	0,6547	99,28211	691,0035
43	65	0,0046	0,007077	0,6546	99,29728	691,1091
44	65	0,0041	0,006308	0,6541	99,37318	691,6374
45	65	0,0041	0,006308	0,6541	99,37318	691,6374
46	65	0,0043	0,006615	0,6543	99,34281	691,426
47	65	0,0043	0,006615	0,6543	99,34281	691,426
48	65	0,0042	0,006462	0,6542	99,35799	691,5316
49	65	0,0047	0,007231	0,6547	99,28211	691,0035
50	65	0,0041	0,006308	0,6541	99,37318	691,6374
				Σ 32,7237		Σ 34562,12
				$l_2 = 0,65447$ [m]		$Z_V = 691,244$ [1/m]



Tab. 15 Výpočet výsledného zákrutu pri priadzi 25 tex, pridaných 100 ovinov

n	O <sub>2</sub> [-]	$\Delta l_2$ [m]	$\delta_2$ [-]	$l_2$ [m]	Z <sub>2</sub> [1/m]	Z <sub>V</sub> [1/m]
1	65	0,008	0,012308	0,642	101,2461	907,1651
2	65	0,0077	0,011846	0,6423	101,1988	906,7414
3	65	0,0075	0,011538	0,6425	101,1673	906,4591
4	65	0,0073	0,011231	0,6427	101,1358	906,1771
5	65	0,0071	0,010923	0,6429	101,1044	905,8952
6	65	0,0083	0,012769	0,6417	101,2934	907,5892
7	65	0,0078	0,012	0,6422	101,2146	906,8826
8	65	0,008	0,012308	0,642	101,2461	907,1651
9	65	0,007	0,010769	0,643	101,0886	905,7543
10	65	0,0077	0,011846	0,6423	101,1988	906,7414
11	65	0,0079	0,012154	0,6421	101,2303	907,0238
12	65	0,0079	0,012154	0,6421	101,2303	907,0238
13	65	0,0074	0,011385	0,6426	101,1516	906,3181
14	65	0,0071	0,010923	0,6429	101,1044	905,8952
15	65	0,0078	0,012	0,6422	101,2146	906,8826
16	65	0,0076	0,011692	0,6424	101,1831	906,6002
17	65	0,008	0,012308	0,642	101,2461	907,1651
18	65	0,0073	0,011231	0,6427	101,1358	906,1771
19	65	0,0073	0,011231	0,6427	101,1358	906,1771
20	65	0,0071	0,010923	0,6429	101,1044	905,8952
21	65	0,0073	0,011231	0,6427	101,1358	906,1771
22	65	0,0083	0,012769	0,6417	101,2934	907,5892
23	65	0,0077	0,011846	0,6423	101,1988	906,7414
24	65	0,008	0,012308	0,642	101,2461	907,1651
25	65	0,0079	0,012154	0,6421	101,2303	907,0238
26	65	0,0084	0,012923	0,6416	101,3092	907,7307
27	65	0,0082	0,012615	0,6418	101,2777	907,4478
28	65	0,0082	0,012615	0,6418	101,2777	907,4478
29	65	0,0078	0,012	0,6422	101,2146	906,8826
30	65	0,0073	0,011231	0,6427	101,1358	906,1771
31	65	0,0083	0,012769	0,6417	101,2934	907,5892
32	65	0,0081	0,012462	0,6419	101,2619	907,3064
33	65	0,0083	0,012769	0,6417	101,2934	907,5892
34	65	0,0074	0,011385	0,6426	101,1516	906,3181
35	65	0,0082	0,012615	0,6418	101,2777	907,4478
36	65	0,0079	0,012154	0,6421	101,2303	907,0238
37	65	0,008	0,012308	0,642	101,2461	907,1651
38	65	0,0078	0,012	0,6422	101,2146	906,8826
39	65	0,0072	0,011077	0,6428	101,1201	906,0361
40	65	0,0073	0,011231	0,6427	101,1358	906,1771
41	65	0,0081	0,012462	0,6419	101,2619	907,3064
42	65	0,0076	0,011692	0,6424	101,1831	906,6002
43	65	0,0081	0,012462	0,6419	101,2619	907,3064
44	65	0,0079	0,012154	0,6421	101,2303	907,0238
45	65	0,0073	0,011231	0,6427	101,1358	906,1771
46	65	0,0082	0,012615	0,6418	101,2777	907,4478
47	65	0,0083	0,012769	0,6417	101,2934	907,5892
48	65	0,008	0,012308	0,642	101,2461	907,1651
49	65	0,0082	0,012615	0,6418	101,2777	907,4478
				Σ 31,4689		Σ 44435,715
				$l_2 = 0,64222$ [m]		$Z_V = 906,8513$ [1/m]

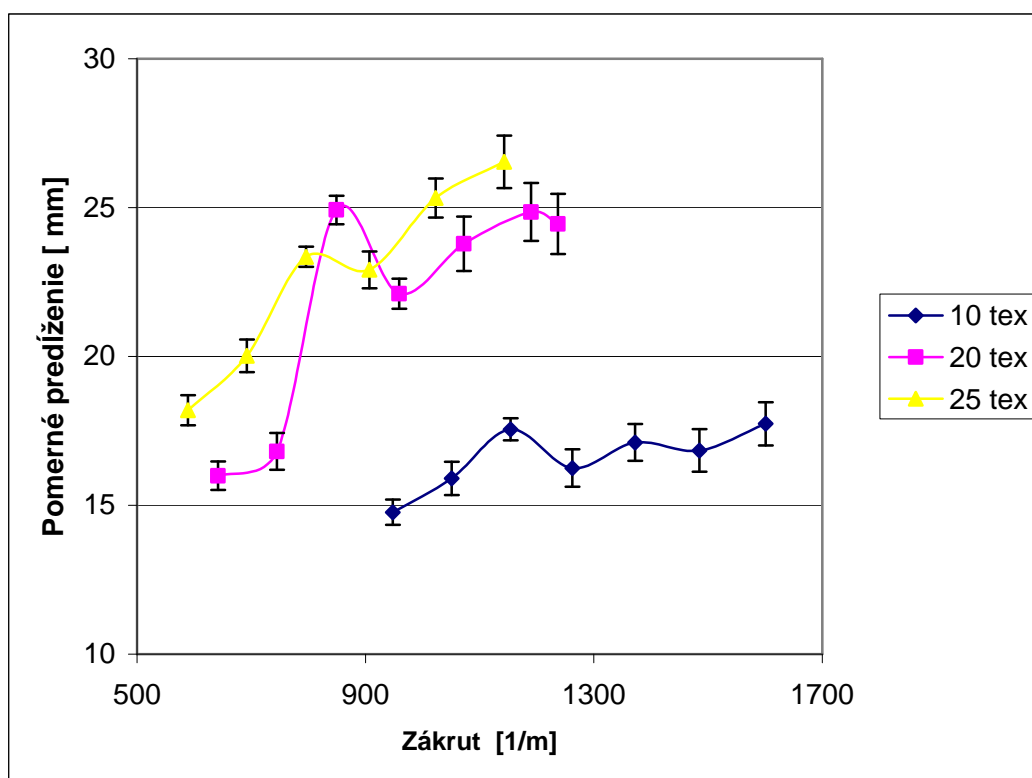
Tab. 16 Výpočet výsledného zákrutu pri priadzi 25 tex, pridaných 200 ovinov

n	O <sub>2</sub> [-]	$\Delta l_2$ [m]	$\delta_2$ [-]	$l_2$ [m]	Z <sub>2</sub> [1/m]	Z <sub>V</sub> [1/m]
1	130	0,0158	0,024308	0,6342	204,9827	1020,814
2	130	0,0162	0,024923	0,6338	205,112	1021,458
3	130	0,0171	0,026308	0,6329	205,4037	1022,91
4	130	0,0159	0,024462	0,6341	205,015	1020,975
5	130	0,0176	0,027077	0,6324	205,5661	1023,719
6	130	0,0178	0,027385	0,6322	205,6311	1024,043
7	130	0,0168	0,025846	0,6332	205,3064	1022,426
8	130	0,0174	0,026769	0,6326	205,5011	1023,396
9	130	0,0162	0,024923	0,6338	205,112	1021,458
10	130	0,0152	0,023385	0,6348	204,7889	1019,849
11	130	0,0178	0,027385	0,6322	205,6311	1024,043
12	130	0,0166	0,025538	0,6334	205,2416	1022,103
13	130	0,0182	0,028	0,6318	205,7613	1024,691
14	130	0,0183	0,028154	0,6317	205,7939	1024,854
15	130	0,0182	0,028	0,6318	205,7613	1024,691
16	130	0,0162	0,024923	0,6338	205,112	1021,458
17	130	0,0178	0,027385	0,6322	205,6311	1024,043
18	130	0,0169	0,026	0,6331	205,3388	1022,587
19	130	0,0183	0,028154	0,6317	205,7939	1024,854
20	130	0,0177	0,027231	0,6323	205,5986	1023,881
21	130	0,017	0,026154	0,633	205,3712	1022,749
22	130	0,0173	0,026615	0,6327	205,4686	1023,234
23	130	0,0168	0,025846	0,6332	205,3064	1022,426
24	130	0,0183	0,028154	0,6317	205,7939	1024,854
25	130	0,0176	0,027077	0,6324	205,5661	1023,719
26	130	0,0168	0,025846	0,6332	205,3064	1022,426
27	130	0,0159	0,024462	0,6341	205,015	1020,975
28	130	0,0177	0,027231	0,6323	205,5986	1023,881
29	130	0,0159	0,024462	0,6341	205,015	1020,975
30	130	0,0173	0,026615	0,6327	205,4686	1023,234
31	130	0,0171	0,026308	0,6329	205,4037	1022,91
32	130	0,0182	0,028	0,6318	205,7613	1024,691
33	130	0,0183	0,028154	0,6317	205,7939	1024,854
34	130	0,0184	0,028308	0,6316	205,8265	1025,016
35	130	0,0173	0,026615	0,6327	205,4686	1023,234
36	130	0,0161	0,024769	0,6339	205,0797	1021,297
37	130	0,0163	0,025077	0,6337	205,1444	1021,619
38	130	0,0161	0,024769	0,6339	205,0797	1021,297
39	130	0,0168	0,025846	0,6332	205,3064	1022,426
40	130	0,0159	0,024462	0,6341	205,015	1020,975
41	130	0,0163	0,025077	0,6337	205,1444	1021,619
42	130	0,0162	0,024923	0,6338	205,112	1021,458
43	130	0,0168	0,025846	0,6332	205,3064	1022,426
44	130	0,0177	0,027231	0,6323	205,5986	1023,881
45	130	0,0173	0,026615	0,6327	205,4686	1023,234
46	130	0,0168	0,025846	0,6332	205,3064	1022,426
47	130	0,0163	0,025077	0,6337	205,1444	1021,619
48	130	0,0178	0,027385	0,6322	205,6311	1024,043
49	130	0,0169	0,026	0,6331	205,3388	1022,587
50	130	0,0168	0,025846	0,6332	205,3064	1022,426
				Σ 31,640		Σ 51140,76
				$l_2 = 0,63296[m]$		$Z_V = 1022,815 [1/m]$

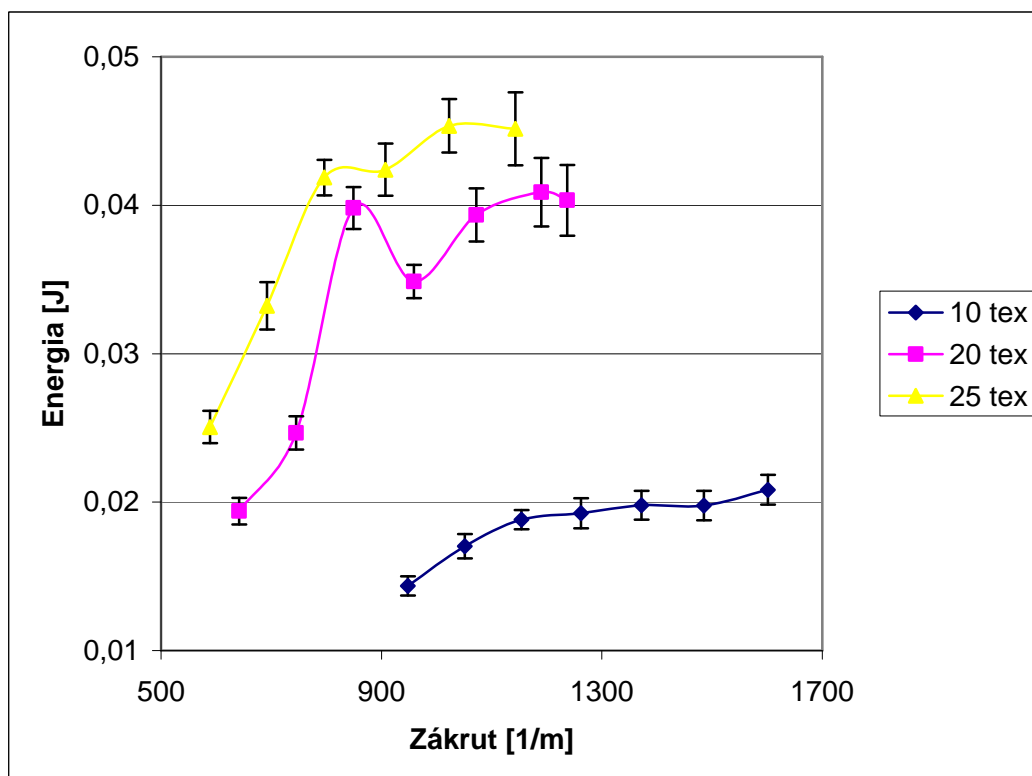
Tab. 17 Výpočet výsledného zákrutu u priadzi 25 tex, pridaných 300 ovinov

n	O <sub>2</sub> [-]	$\Delta l_2$ [m]	$\delta_2$ [-]	$l_2$ [m]	Z <sub>2</sub> [1/m]	Z <sub>V</sub> [1/m]
1	195	0,026	0,04	0,624	312,5	1141,667
2	195	0,0261	0,040154	0,6239	312,5501	1141,85
3	195	0,0271	0,041692	0,6229	313,0519	1143,683
4	195	0,0272	0,041846	0,6228	313,1021	1143,866
5	195	0,0268	0,041231	0,6232	312,9012	1143,132
6	195	0,0262	0,040308	0,6238	312,6002	1142,033
7	195	0,0268	0,041231	0,6232	312,9012	1143,132
8	195	0,0271	0,041692	0,6229	313,0519	1143,683
9	195	0,0273	0,042	0,6227	313,1524	1144,05
10	195	0,027	0,041538	0,623	313,0016	1143,499
11	195	0,0262	0,040308	0,6238	312,6002	1142,033
12	195	0,0271	0,041692	0,6229	313,0519	1143,683
13	195	0,027	0,041538	0,623	313,0016	1143,499
14	195	0,0262	0,040308	0,6238	312,6002	1142,033
15	195	0,0272	0,041846	0,6228	313,1021	1143,866
16	195	0,0268	0,041231	0,6232	312,9012	1143,132
17	195	0,0268	0,041231	0,6232	312,9012	1143,132
18	195	0,0271	0,041692	0,6229	313,0519	1143,683
19	195	0,0264	0,040615	0,6236	312,7004	1142,399
20	195	0,0271	0,041692	0,6229	313,0519	1143,683
21	195	0,0273	0,042	0,6227	313,1524	1144,05
22	195	0,0263	0,040462	0,6237	312,6503	1142,216
23	195	0,0259	0,039846	0,6241	312,4499	1141,484
24	195	0,0263	0,040462	0,6237	312,6503	1142,216
25	195	0,0259	0,039846	0,6241	312,4499	1141,484
26	195	0,0262	0,040308	0,6238	312,6002	1142,033
27	195	0,0268	0,041231	0,6232	312,9012	1143,132
28	195	0,0265	0,040769	0,6235	312,7506	1142,582
29	195	0,0263	0,040462	0,6237	312,6503	1142,216
30	195	0,0265	0,040769	0,6235	312,7506	1142,582
31	195	0,0263	0,040462	0,6237	312,6503	1142,216
32	195	0,0271	0,041692	0,6229	313,0519	1143,683
33	195	0,0258	0,039692	0,6242	312,3999	1141,301
34	195	0,0271	0,041692	0,6229	313,0519	1143,683
35	195	0,027	0,041538	0,623	313,0016	1143,499
36	195	0,0271	0,041692	0,6229	313,0519	1143,683
37	195	0,027	0,041538	0,623	313,0016	1143,499
38	195	0,0272	0,041846	0,6228	313,1021	1143,866
39	195	0,0264	0,040615	0,6236	312,7004	1142,399
40	195	0,0271	0,041692	0,6229	313,0519	1143,683
41	195	0,027	0,041538	0,623	313,0016	1143,499
42	195	0,0262	0,040308	0,6238	312,6002	1142,033
43	195	0,0268	0,041231	0,6232	312,9012	1143,132
44	195	0,0263	0,040462	0,6237	312,6503	1142,216
45	195	0,0271	0,041692	0,6229	313,0519	1143,683
46	195	0,0269	0,041385	0,6231	312,9514	1143,316
47	195	0,0271	0,041692	0,6229	313,0519	1143,683
48	195	0,027	0,041538	0,623	313,0016	1143,499
49	195	0,0272	0,041846	0,6228	313,1021	1143,866
50	195	0,0265	0,040769	0,6235	312,7506	1142,582
				Σ 31,1643		Σ 57148,75
				$l_2 = 0,62329$ [m]		$Z_V = 1142,975$ [1/m]

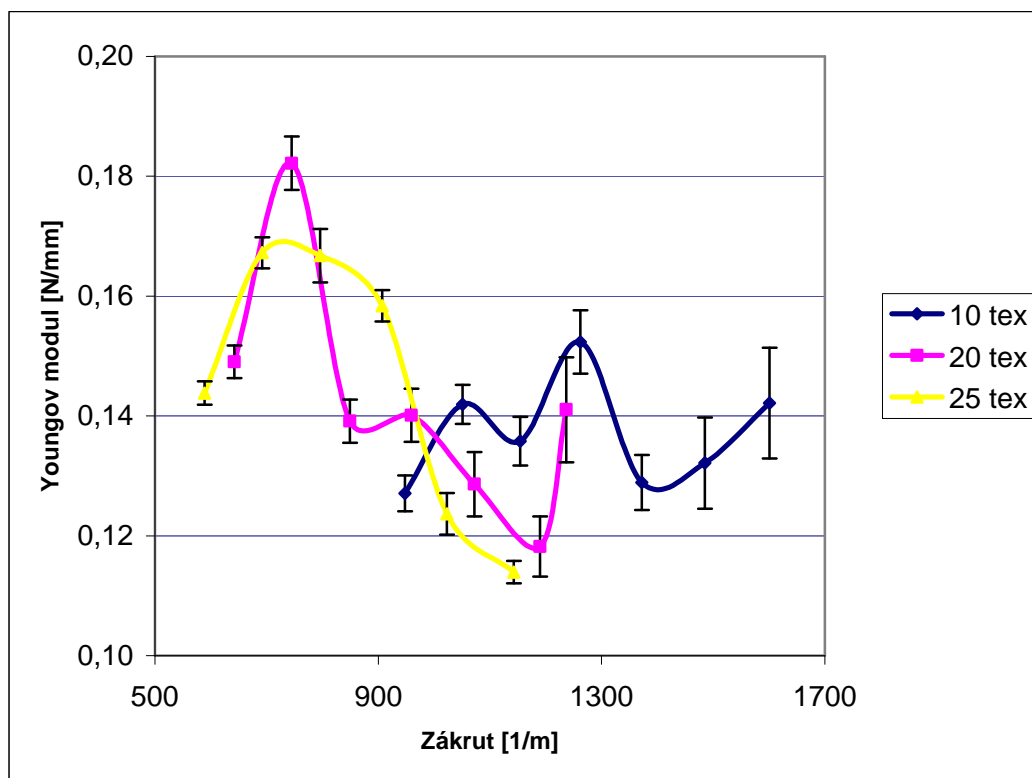
**Príloha č. 2 :**



Obr.1 Závislosť pomerného predĺženia na počte zákrutov

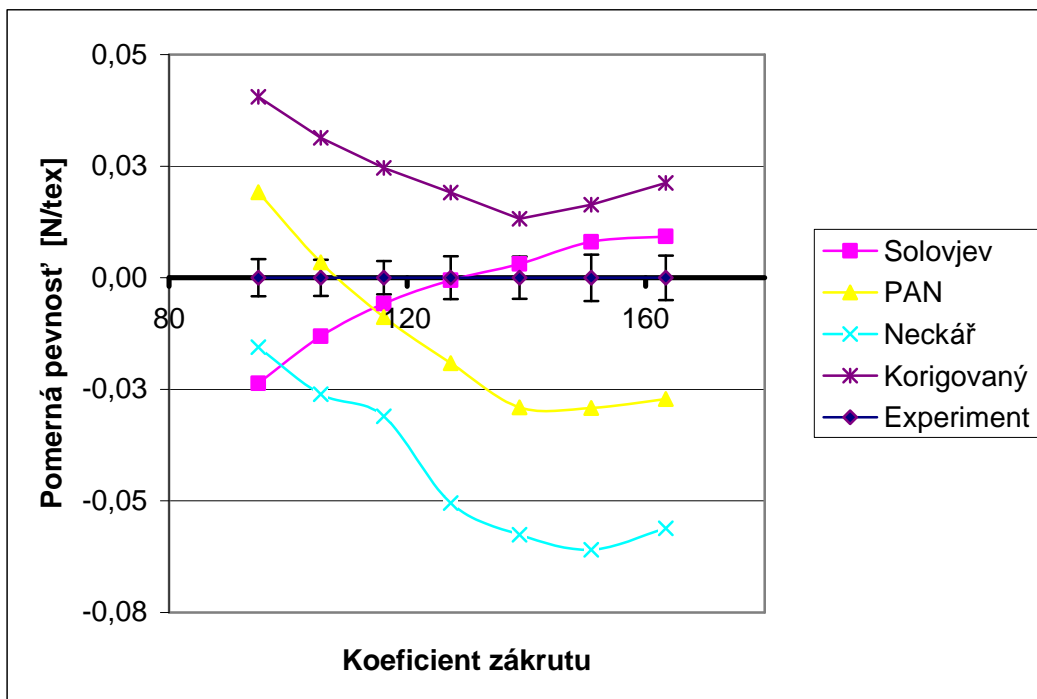


Obr.2 Závislosť energie potrebnej na pretrhnutie na zákrute

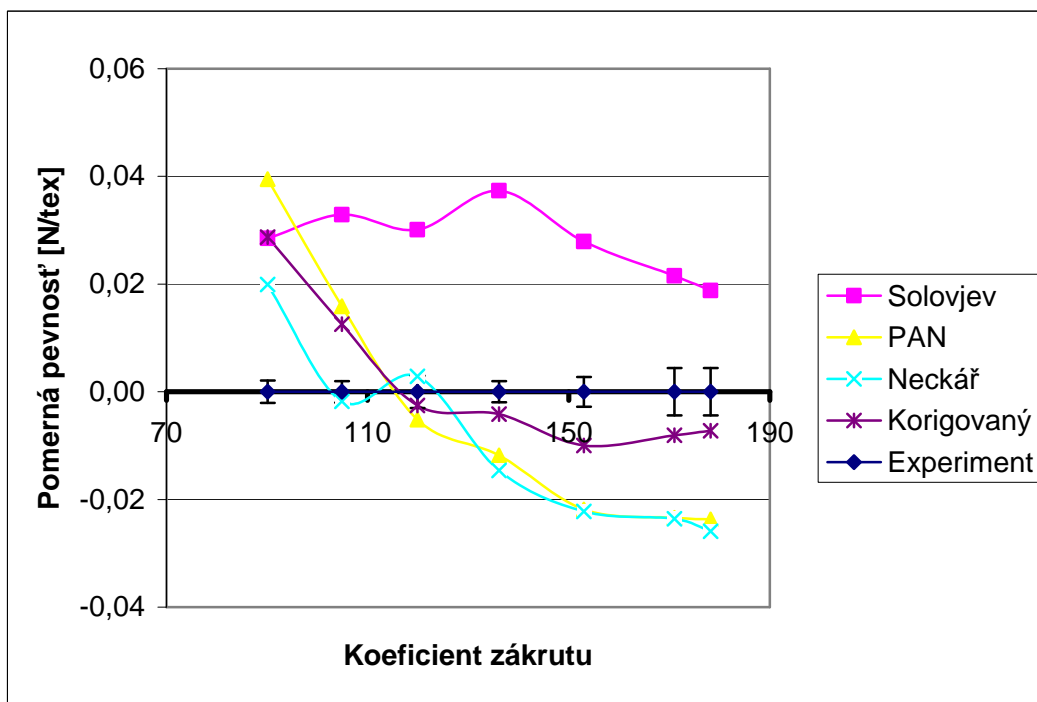


Obr.3 Závislosť Youngovho modulu na zákrutoch

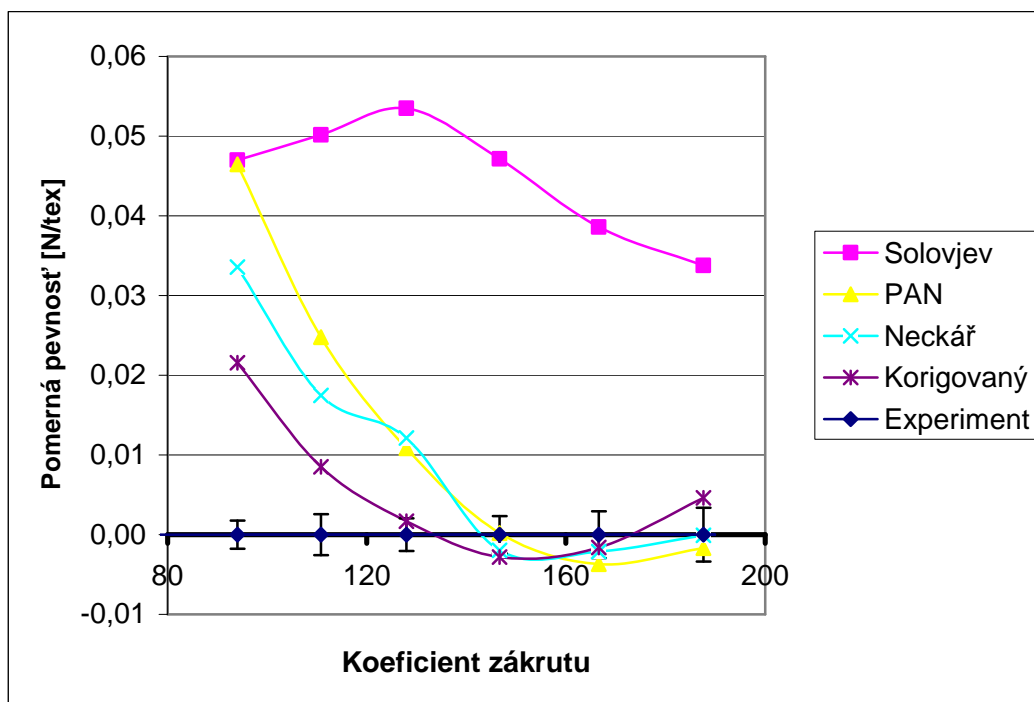
**Príloha č. 3 :**



Obr.1 Komparácie výsledných vypočítaných pomerných pevností s experimentom pri priadzi s jemnosťou 10 tex



Obr.2 Komparácie výsledných vypočítaných pomerných pevností s experimentom pri priadzi s jemnosťou 20 tex



Obr. 3 Komparácie výsledných vypočítaných pomerných pevností s experimentom pri priadzi s jemnosťou 25 tex

Tab. 1 Porovnanie výsledných hodnôt pomernej pevnosti experimentu s modelmi rôznych autorov, pri priadzi 10 tex

$\alpha$ [m <sup>-1</sup> ktex <sup>1/2</sup> ]	R [N/tex] experiment 95%-ný konfidenčný interval	R [N/tex] Solovjev	R [N/tex] Pan	R [N/tex] Neckář	R [N/tex] Korigovaný
95,00	0,1576 <0,1534 ; 0,1617>	0,1339	0,1768	0,1421	0,1981
105,49	0,1709 <0,1669 ; 0,175>	0,1578	0,1744	0,1448	0,2023
116,03	0,1806 <0,1768 ; 0,1843>	0,1748	0,1718	0,1495	0,2051
127,29	0,1879 <0,1830 ; 0,1927>	0,1873	0,1688	0,1374	0,2069
138,85	0,1946 <0,1898 ; 0,1993>	0,1977	0,1655	0,1369	0,2077
150,88	0,1912 <0,186 ; 0,1964>	0,1993	0,1620	0,1303	0,2076
163,38	0,1855 <0,1805 ; 0,1905>	0,1948	0,1583	0,1294	0,2068

Tab. 2 Porovnanie výsledných hodnôt pomernej pevnosti experimentu s modelmi  
rôznych autorov, pri priadzi 20 tex

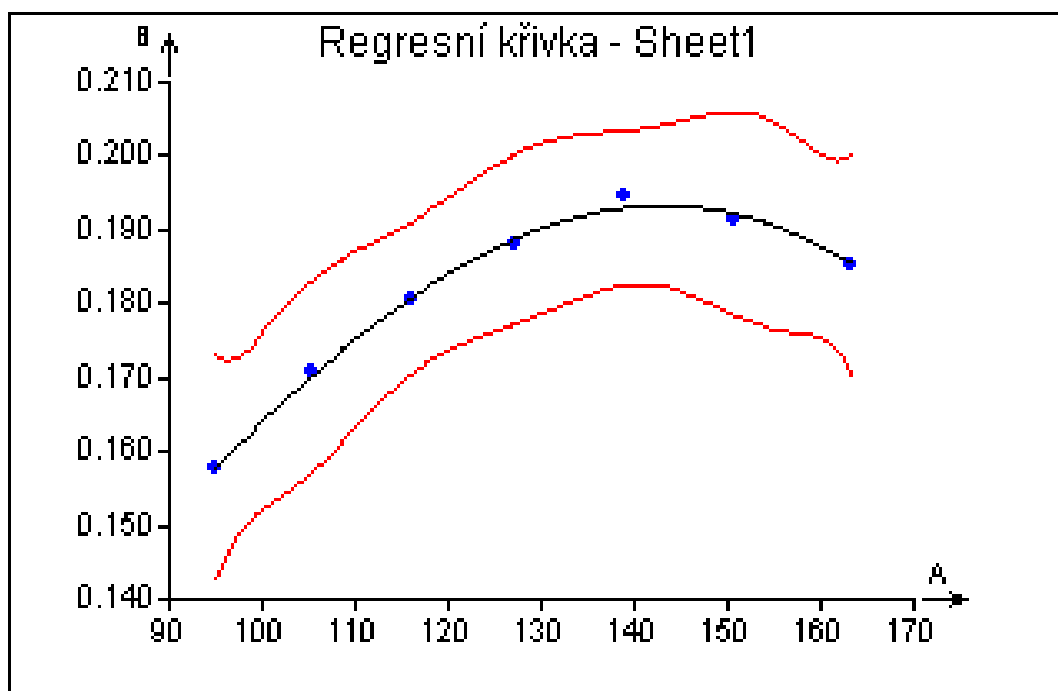
$\alpha$ [m <sup>-1</sup> ktex <sup>1/2</sup> ]	R [N/tex] experiment 95%-ný konfidenčný interval	R [N/tex] Solovjev	R [N/tex] Pan	R [N/tex] Neckář	R [N/tex] Korigovaný
90,14	0,0941 <0,0921 ; 0,962>	0,1226	0,1336	0,1141	0,1229
104,91	0,1153 <0,1133 ; 0,1173>	0,1482	0,1312	0,1135	0,1278
119,92	0,1335 <0,1305 ; 0,1365>	0,1636	0,1284	0,1364	0,1310
136,11	0,1369 <0,1349 ; 0,1388>	0,1742	0,1250	0,1222	0,1327
153,02	0,1432 <0,1404 ; 0,1460>	0,1711	0,1213	0,1210	0,1332
171,00	0,1407 <0,1363 ; 0,1451>	0,1623	0,1173	0,1171	0,1326
178,20	0,1394 <0,1350 ; 0,1438>	0,1582	0,1157	0,1135	0,1322

Tab. 3 Porovnanie výsledných hodnôt pomernej pevnosti experimentu s modelmi  
rôznych autorov, pri priadzi 25 tex

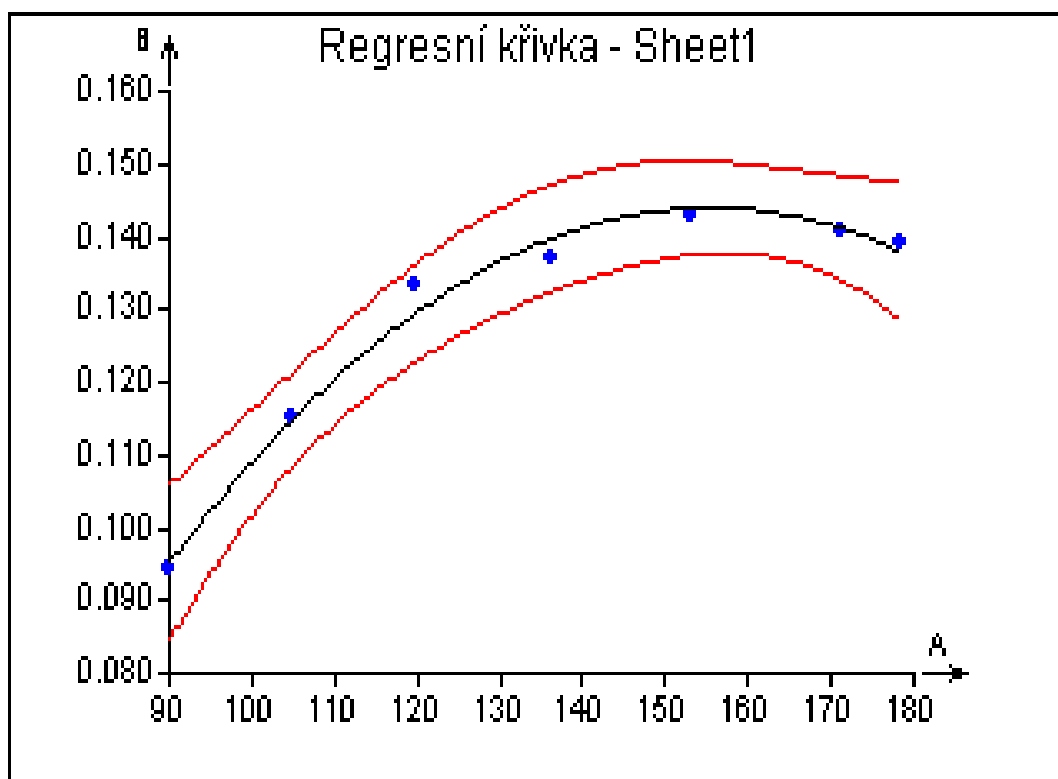
$\alpha$ [m <sup>-1</sup> ktex <sup>1/2</sup> ]	R [N/tex] experiment 95%-ný konfidenčný interval	R [N/tex] Solovjev	R [N/tex] Pan	R [N/tex] Neckář	R [N/tex] Korigovaný
94,07	0,0866 <0,0848;0,0883>	0,1336	0,1330	0,1201	0,1081
110,84	0,1053 <0,1027; 0,1079>	0,1555	0,1301	0,1228	0,1138
127,93	0,1159 <0,1138; 0,1179>	0,1694	0,1267	0,1280	0,1176
146,65	0,1225 <0,1202; 0,1248>	0,1697	0,1227	0,1206	0,1197
166,61	0,1220 <0,1191; 0,1249>	0,1606	0,1183	0,1199	0,1204
187,60	0,1153 <0,1119; 0,1186>	0,1491	0,1136	0,1152	0,1199



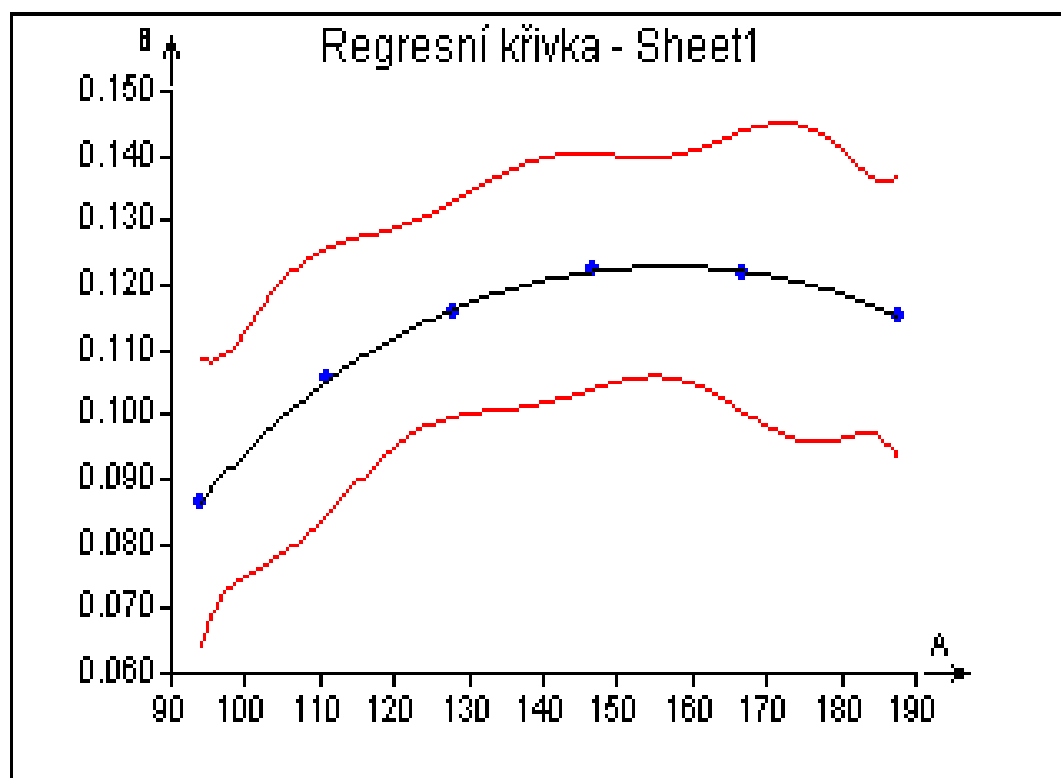
**Príloha č. 4 :**



Obr.1 Regresná krivka pri priadzi 10 tex, polynóm 4. stupňa



Obr.2 Regresná krivka pri priadzi 20 tex, polynóm 2. stupňa



Obr. 3 Regresná krivka pri priadzi 25 tex, polynóm 4. stupňa

## Príloha č. 5 :

Tab. 1 Porovnanie výsledných hodnôt využitia pevnosti zväzku vlákien v priadzi  
s modelmi rôznych autorov, pri priadzi 10 tex

$\alpha$ [m <sup>-1</sup> ktex <sup>1/2</sup> ]	$\phi_{sp}$ [-] experiment	$\phi_{sp}$ [-] Solovjev	$\phi_{sp}$ [-] Pan	$\phi_{sp}$ [-] Neckář	$\phi_{sp}$ [-] Korigovaný
95,00	0,3637	0,4948	0,6530	0,5249	0,4572
105,49	0,3944	0,5831	0,6443	0,5350	0,4668
116,03	0,4168	0,6456	0,6346	0,5524	0,4734
127,29	0,4336	0,6919	0,6234	0,5076	0,4776
138,85	0,4491	0,7302	0,6115	0,5059	0,4794
150,88	0,4413	0,7362	0,5986	0,4814	0,4792
163,38	0,4281	0,7195	0,5849	0,4779	0,4772

Tab. 2 Porovnanie výsledných hodnôt využitia pevnosti zväzku vlákien v priadzi  
s modelmi rôznych autorov, pri priadzi 20 tex

$\alpha$ [m <sup>-1</sup> ktex <sup>1/2</sup> ]	$\phi_{sp}$ [-] experiment	$\phi_{sp}$ [-] Solovjev	$\phi_{sp}$ [-] Pan	$\phi_{sp}$ [-] Neckář	$\phi_{sp}$ [-] Korigovaný
90,14	0,3208	0,6027	0,6566	0,5606	0,4189
104,91	0,3931	0,7282	0,6448	0,5578	0,4358
119,92	0,4552	0,8041	0,6308	0,6703	0,4465
136,11	0,4668	0,8561	0,6144	0,6008	0,4525
153,02	0,4882	0,8409	0,5963	0,5944	0,4542
171,00	0,4797	0,7974	0,5765	0,5756	0,4522
178,20	0,4753	0,7773	0,5685	0,5576	0,4506

Tab. 3 Porovnanie výsledných hodnôt využitia pevnosti zväzku vlákien v priadzi  
s modelmi rôznych autorov, pri priadzi 25 tex

$\alpha$ [m <sup>-1</sup> ktex <sup>1/2</sup> ]	$\phi_{sp}$ [-] experiment	$\phi_{sp}$ [-] Solovjev	$\phi_{sp}$ [-] Pan	$\phi_{sp}$ [-] Neckář	$\phi_{sp}$ [-] Korigovaný
94,07	0,2951	0,6563	0,6537	0,5904	0,3686
110,84	0,3591	0,7641	0,6394	0,6035	0,3881
127,93	0,3951	0,8324	0,6228	0,6290	0,4008
146,65	0,4177	0,8339	0,6032	0,5925	0,4081
166,61	0,4160	0,7893	0,5814	0,5890	0,4105
187,60	0,3930	0,7325	0,5581	0,5660	0,4087

